

"十五"国家出版规划重点图书

中国科学院高技术研究与发展"九五"重大项目

《中国古代工程技术史大系》

主编 / 路甬祥

何堂坤 / 著

山西出版传媒集团
山西教育出版社

中国古代手工业工程技术史（上）

ZHONGGUO GUDAI
SHOUGONG YE
GONGCHENG JISHU SHI




ISBN 978-7-5440-5600-7
9 787544 056007 >
定价：230.00元(上、下册)

ZHONGGUO GUDAI
SHOUGONG YE
GONGCHENG JISHU SHI

中国古代手工业工程技术史（上）

何堂坤 / 著

山西出版传媒集团
山西教育出版社



图书在版编目（C I P）数据

中国古代手工业工程技术史/何堂坤著. —太原：山西教育出版社，2012. 8
（中国古代工程技术史大系/路甬祥主编）
ISBN 978 -7 -5440 -5600 -7

Ⅰ. ①中…　Ⅱ. ①何…　Ⅲ. ①手工业史 - 中国 - 古代　Ⅳ. ①N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 194860 号

中国古代手工业工程技术史
ZHONGGUO GUDAI SHOUGONGYE GONGCHENG JISHUSHI

选题策划　王佩琼
责任编辑　康　健
特约编辑　左执中
复　　审　张沛泓
终　　审　刘立平
整体设计　王耀斌
印装监制　郭　勋
　　　　　　贾永胜

出版发行　山西出版传媒集团·山西教育出版社
　　　　　　（太原市水西门街馒头巷 7 号　电话：0351 -4035711　邮编：030002）
印　　装　山西新华印业有限公司
开　　本　787 ×1092　1/16
印　　张　68. 25
字　　数　1459 千字
版　　次　2012 年 8 月第 1 版　2012 年 8 月山西第 1 次印刷
印　　数　1—5000 册
书　　号　ISBN　978 -7 -5440 -5600 -7
定　　价　230. 00 元（上、下）

如发现印装质量问题，影响阅读，请与印刷厂联系调换。电话：0351 -4120948

序言

路甬祥

“工程技术”活动是人类最为基本的社会实践之一。现代工程技术主要表现为以科学发现来引导技术创新，并应用于生产；又围绕生产过程对技术实行集成，并以理论的形态，形成诸多独立的学科，起到联结科学与生产的桥梁作用。工程技术是在人类利用和改造自然的实践过程中逐渐产生，并发展起来的，在古代，人们只有有限，且不太系统的科学知识；科学与生产的联系也不像今天这样直接和紧密。古代工程技术，主要表现为累积了世代经验的生产手段和方法，这些手段和方法，有的经过了一定的总结和概括，有的就蕴含于生产过程之中。当然，由于目的及所采用的手段和方法的不同，古代工程技术也形成了许多门类。就中国古代工程技术而言，最为主要的有以下内容：采矿技术、冶铸技术、机械技术、建筑技术、水利技术、纺织和印染技术、造纸和印刷技术、陶瓷技术、军事技术、日用化工技术等。这些门类，也就是《中国古代工程技术史大系》所要包括的内容。

在科学技术突飞猛进的现代，来研究中国古代工程技术史，我觉得不能不思考三个问题，一是中国古代工程技术发展的特点或规律，二是中国古代工程技术实践的历史意义，三是中国古代工程技术实践的现实价值。我是学现代工程技术的，近些年因工作关系，与科学史界有较多接触，这次《中国古代工程技术史大系》编委会要我担任主编，也促使我有意识地对这些问题进行了思考，借此机会，谨将一些初步的认识梳理罗列于下，以与海内外科学史界的朋友交流、讨论。

（1）中国古代工程技术发展的主要特点

根植于中华农业文明，发展进程具有连续性、渐进性和相对独立性。

国家因素起着重大作用，具有强大组织功能的中央集权制国家机器推动产生了一系列规模宏大的工程技术实践。

独特的环境、独特的资源和独特的历史，孕育了诸多独特的发明创造。

辽阔与各具特点的地域，既孕育了丰富多样的技术成果，也导致了技术发展的地区差异

（2）中国古代工程技术实践的历史意义

与中国古代农业技术相结合，共同构成了中华农业文明体系的技术基础。

以富有特色的大量发明创造，形成了世界古代工程技术的独特体系。

以一系列独具匠心的发明，对人类文明进步和近代世界发展作出了贡献。

凝聚了中国古人对于自然以及人与自然关系的丰富而独到的认识。

（3）中国古代工程技术实践的现实价值

当前我们正面临一个全球化的时代，现代化和全球化不能以失落传统为代价，未来世界应当是一个高度发达，同时又保有多样文化传统的多彩世界，中国古代工程技术实践的成果结晶既是中华民族文化传统的有机组成部分，也是人类科学技术传统的重要组成部分。

基于“敬天悯人”的意识，中国先贤一直以“顺天而动”、“因时制宜”、“乘势利导”、“节约民力”为工程技术活动的重要原则，由于多种因素的交互作用，既有成功，也有失败，这部“悲欣交集”的历史长卷，对于今天的工程技术实践乃至整个人类的活动，仍有丰富的启迪意义。历史的经验和教训从来都是一笔宝贵的财富，后来者要善于以史为鉴、服务当今、创造未来。

以上诸点，只是粗线条的概括性认识。我相信，本书各卷的撰著者，必然都从各自的领域和角度对这些问题进行了深入的思考，并以大量的资料进行论证，从而得出自己独立的见解，为读者展现出丰富而生动的学术成果。

中国科技史研究以往存在重数理而轻技术的现象，我希望这次通过编纂《中国古代工程技术史大系》，能够集中全国各方面专家学者的力量，对中国古代工程技术实践进行系统的整理和研究，力求科学地理解中国古代工程技术发展的历史，并对以往有关中国古代工程技术史的研究进行一次总结。

目录

CONTENTS



前　言

我国是个伟大的文明古国，几千年来，有过许多重大的发明创造，尤其在生产技术、手工业技术方面，对人类文明作出了重大的贡献。英国著名科技史家李约瑟博士在《中国科学技术史》一书中说，从公元1世纪到18世纪，由中国先后传到欧洲等地的科技发明至少有26项之多[1]。细观此26项的实际内容，绝大多数都是属于手工业技术方面的。对这些发明创造进行全面、系统的总结，了解其发展过程和主要成就，了解其中的管理制度和思想方法，不但可增进人们对科技史的了解，而且对现代社会之发展，也是很有帮助的。

一、关于我国古代手工业技术发展的基本历程

我国古代手工业技术的发展，归结起来，大体上可分成六个不同的阶段：

（一）原始社会——手工业技术的孕育期

技术的发展，也经历了由低级到高级，由简单到复杂的过程。在旧石器时代，人们的生产活动主要是狩猎，主要生产工具是石、木、骨器。石器的基本制品是尖状器、刀斧状器、锯状器、球形器等。这些工具，人们又称之为“万能工具”，虽然十分粗陋、简单，但却是后世一切工具、一切生产技术的鼻祖。人类在旧石器时代获得了六项技术成就，即掌握了原始的石器打制技术、发明了飞石索技术、石镞和弓箭制作技术、工具装柄、石器骨器的磨光和穿孔技术，以及摩擦取火技术[2]。新石器时代与旧石器时代的主要区别是：由完全依赖自然的赐予，发展到了创造性的生产。新石器时代出现了农业，发明了制陶技术、纺织技术、冶金技术、原始机械技术、建筑技术等。我国今见最早的陶器，是广西桂林庙岩陶器等，距今15000年以上；今见最早的冶炼铜，是陕西临潼姜寨出土的半圆形铜片和铜质管状物，距今约6600多年；今见最早的纺织品，是郑州荥阳青台仰韶文化中期遗址出土的丝织物和麻织物，距今约5500年；今见最早的船桨和织机具，皆属河姆渡文化时期，距今约7000年；今见最早的制陶快轮，约属仰韶文化晚期、大汶口文化中期偏晚，距今约5500年；今见最早的漆器，是河姆渡遗址第四层的缠藤篾红漆木筒和第三层的红漆木碗，距今约7000年。这些生产技术的出现，说明我国进入了一个新的历史阶段。

自然，原始社会尚无私有制，亦无国家，是无所谓手工业的，但有手工生产和手工技术。在旧石器时代，农业尚未出现；在新石器时代，手工业依然包含在农业之中，故我们将整个原始社会称之为手工业技术的孕育期。

（二）夏商周——手工业技术的初步形成期

大约在夏或稍前的准国家时期，手工业便开始从农业中分离出来，而成了独

立的生产部门。

由夏、商、西周，到春秋、战国，前后约1700多年，这是我国古代手工业技术初步形成、初步发展的阶段，并在春秋战国时迎来了第一个发展高潮。其中较值得注意的是以下几个事件：

1. 出现了一些规模较大的手工业作坊（或工场）。

今存规模稍大，且年代较早的要算二里头手工业作坊，其中有冶铸、制陶、制骨等工种，属夏代中晚期。商代中、晚期之后，手工业作坊的数量和规模都有了较大扩展，今存较大的作坊主要有：瑞昌铜岭采矿场，开采时间为商代中期至春秋战国；大冶铜绿山采冶场，采冶时间主要为商代晚期到西汉；皖南采冶场，采冶时间主要为西周至唐宋；内蒙林西大井采冶场，采冶时间主要为西周晚期至春秋早期；洛阳西周铸铜作坊，属西周早期。在春秋战国时期，各诸侯国都建立了自己规模较大的手工业作坊，且许多地方都有发现。

2. 金属工具得到了较为广泛的使用，使我国社会生产具备了最为重要的物质基础。

先是青铜器，青铜技术在商代晚期便发展到了较高的水平，社会生产和社会生活的各个领域都大量而广泛地使用了青铜；紧接着是铁器，战国时期，农具、手工业工具、生活用器都已广泛用铁。我国古代的青铜文明、铁器文明，都达到了世界先进的水平。

在青铜技术中，较为重要的是合金技术。它约萌芽于二里头时期，商代晚期时，以锡为主要合金元素的Cu—Sn二元和Cu—Sn—Pb三元合金系便确立起来，在殷墟大墓中每有发现；春秋战国时期，便总结出了世界上最早的青铜合金规律——六齐规律。

在先秦青铜器物中，最具权威性的是鼎和钺，那是权力和地位的象征；在兵器和日用器中最具代表性的分别是青铜剑和青铜镜；在生产工具中较具代表性的当是斧、锯、铲、鑁、锸；它们的形态，都带有几分神秘的色彩。

在先秦铁器技术中，最为重要的是生铁冶炼及可锻化退火处理技术。我国虽不是世界上最早使用铁器的国家，但却后来居上，很早就发明了生铁及其可锻化退火处理技术，未见独立而漫长的块炼铁阶段，使我国铁器文明很快就走到了世界前列。

3. 各学科、各行业都获得了多项重要技术成就。

如采矿技术。此时人们已总结出了一整套行之有效的找矿法，使用了竖井、斜井、平巷相结合的联合开采和群井开采，初步解决了开采过程中的井巷防护、排水、通风、提运等问题。开采了多处大型矿藏。

如冶铸技术。至迟在春秋时期，便建筑了一批规模较大的冶炼炉，炉底设置了风沟，使用了能力较强的鼓风器，使用了多管多孔送风；南方北方都使用了硫化矿；大井等地使用了石灰石造渣熔剂；产品的品位较高。早在商代中期，泥型铸造便发展到了相当高的水平；春秋时期发明了层叠铸造、出蜡铸造和金型铸造；至迟在春秋战国，便总结出了一套判定火候的熔炼技术规范。春秋战国时期，钢铁和青铜的淬火技术都已使用较多；发明了可锻铸铁技术，若无这一技术的发明和推广，先秦铁工具决不能得到如此广泛的使用。



如陶瓷技术。人们选择了含硅量较高的瓷土为制胎原料，发明了原始瓷；泥条盘筑法和拉拔造型等更为娴熟；商代早期发明了半倒焰式馒头窑和平焰式龙窑，商代中期南方印纹硬陶发展到了相当繁盛的阶段。

如机械技术。至迟在商代晚期便发明了滑车；大约西周又发明了辘轳；至迟在东周便发明了绞车。大约在夏或稍前，便发明了规、矩、准、绳这四大测量工具。战国时期，发明了蹶张弩、连弩、床弩；约春秋晚期，便发明了抛石机。我国古代车船技术的发明期大约都可上推到原始社会，夏商周皆发展到了更高水平。

如纺织技术。采用了热水煮麻（葛）脱胶，热水缫丝技术有发展；发明并使用了手摇纺车；织机具有了传动机构，形成了简单的机械体系，发明了多综多蹑提花机；草染已形成一整套技术体系，发明了多次浸染和媒染；发明了印花技术；出现了斜纹、经二重、纬二重和大提花等复杂组织，织出了绮、锦等文彩绚丽的织品。

（三）秦汉至魏晋南北朝——手工业技术的全面发展期

这也是我国古代手工业技术发展的第二个高涨期。其中较值得注意的事项是：

1. 各行各业都逐渐推广了钢铁工具，这对于统一多民族国家的形成是具有重要意义的。

在钢铁工具推广过程中，最为重要的便是“以锻代铸”的过程，即以锻造的钢铁器物取代铸造的青铜器和铁器。锻件不但强度高、硬度大，且较为轻便。在兵器中，以锻代铸的典型例子便是“以刀代剑”，即以钢铁刀代替青铜剑，其在西汉便已基本完成；往日有学者认为“以刀代剑”的出现是由于作战方式中，以骑兵代替了车战之故，这有一定道理；但可能还有一个较为重要的原因，那就是钢铁材料取代了青铜。在生产工具中，以锻代铸的过程大体上是东汉之后，随着炒钢和灌钢工艺的发展而逐渐完成的，其时间稍长一些。

2. 各项手工业技术，都取得了较大的发展。

如金属技术。在冶炼技术方面，建造了较为高大的冶铁高炉，使用了水力鼓风，可能还使用了预热送风。在炼钢技术方面，发明了炒炼法和灌炼法这两种半液态炼钢工艺，这是人类古代社会炼钢技术的最高成就。至迟在后赵（319～351年），便有了人工点化铜砷合金的记载；东晋时期，又炼出了镍白铜。在金属热处理方面，铸铁可锻化退火处理技术发展到较为成熟的阶段；南北朝时发明了油淬和尿淬。

如陶瓷技术。西汉时发明了低温釉陶，为后世各种低温釉的使用奠定了坚实的基础。东汉之后，在浙江、江西、湖南、四川等地，都烧出了真瓷，它的各项技术指标都已达较高水平。

如机械技术。在汉代，拉杆传动、绳索传动都巧妙地用到了纺织和鼓风机械中；齿轮传动用到了记道车、指南车和天文仪器上。发明了独轮车。造船技术有了较大提高，风帆已广泛使用于船舶航行。耕犁的结构更加趋向于完善；作为粮食加工工具的旋转磨有了较大发展，发明了砻和扇车；发明了游标卡尺、常平机械，以及某些自动机械。魏晋南北朝时期，发明了翻车等排灌机械，以及水磨、水碾、八转连磨、舂车、磨车等粮食加工机械，发明了木牛流马、帆车、水车等交通和运输机械。此外，还发明了一种利用螺旋桨飞行的“飞车”。

如纺织技术。在汉代，手摇缫车、手摇纺车都已推广，发明了脚踏纺车；脚踏斜织机已广泛使用，多综多蹑纹织机已相当完善，发明了束综提花机，织出了比较大型的花纹；染色技术有了较大发展，出现了多色套版印花，发明了蜡染工艺。棉纺技术在边境地区有了扩展。

尤其值得注意的是汉代发明了造纸术，它对人类文化的传播和保存，对人类文明的发展，都起到了十分重要的作用。东晋时期，我国出现了第一批书法家，南朝时期发明了雕版印刷。

3. 官府手工业得到进一步加强。

其优点是：可集中大批人力、物力，保证官府对手工业产品在产量和质量上的需求；缺点是客观上使民营手工业技术受到挤压。

4. 由于战争的破坏和摧残，魏晋南北朝手工业几乎是一片凋零，技术上亦无太多建树。

战争对人类文明的破坏是显而易见的。

（四）隋唐五代——平稳发展期

唐代社会在相当长一个时期都较为安定，工商政策较为宽松，与国外的文化技术交流较为活跃，手工业亦较发达，技术上处于一个相对平稳的发展阶段，但许多学科皆无太大建树，看来影响技术发展的因素是多方面的。此期较值得注意的事项是：

1. 在生产工具中，锻件已经较多，但仍有相当一部分铸件，尤其农具；铸铁可锻化退火在中原文化区依然保存着，部分器物的形制仍保留有先秦两汉遗风。

2. 民营手工业有了较大发展，产品质量也有较大提高。

以纺织业为例。唐代民营纺织业的规模较大，如定州何明远，曾从事多种经营，家有500张绫织机；又如北海人李清，靠祖传染业致富，家积百余万。

民营手工业产品的质量也有了较大提高。宫廷和官府一方面通过租庸调和折课的方式来获得民间优质产品，另一方面也直接到市场上采集；少府下所设和市监，可能便与此有关。《旧唐书》卷一〇五“韦坚传”载，天宝二年（743年），韦坚为唐玄宗到南方采集了大宗物品，其中包括纺织品、金属制品、瓷器、各类珍宝、奇药等，皆属人间山海之珍，但相当一部分是手工业产品。

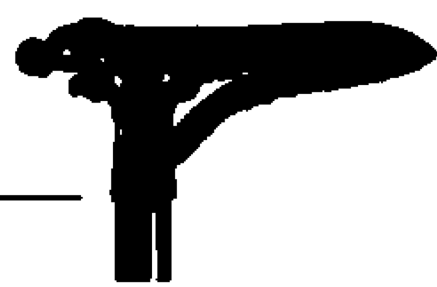
3. 中外文化技术交流十分活跃，纺织、冶金、陶瓷等多种手工业技术及其产品都受到过外来技术或艺术的影响。

4. 多项手工业技术依然取得了一定的成就。

如陶瓷技术。白瓷在北方有了普遍发展。初步发展了釉下彩、釉中彩、乳浊釉、花釉瓷。在低温釉陶方面创造了唐三彩。在装烧技术上推广了匣钵，烧造了一些大型制品和艺术陶瓷。

如纺织技术。斜织机、多综多蹑提花机都进一步推广和完善，平纹占主导地位的局面渐被打破，纬显花工艺取代了经显花的主导地位；花型大幅度扩展，色彩更为丰富，缂丝等高度艺术化的品种开始流行。植物性染料广泛使用；三缬印花、染花技术得到了较大发展。

如造纸技术。此时已发展到较为成熟的阶段。在继续生产麻纸、皮纸的同时，



又发明了竹纸；打浆度提高，生产了大模纸。发明了表面施蜡技术；纸的质量大为提高。

雕版印刷开始兴起，唐代中期还发明了火药和指南针。

（五）宋元——繁荣期

宋代是我国古代手工业技术的繁荣期，冶铸、机械、纺织、制瓷等技术都更为成熟，作为“中国古代四大发明”的造纸、印刷、火药、指南针，都已登上了社会历史的舞台，为各国和各民族间的技术交流和各种联系，开拓了一条更为有效的途径。元代是民族压迫、阶级压迫都十分残酷的社会，多项手工业技术只能在夹缝中获得生存。此期较值得注意的事项有：

1．在中原文化区的生产工具中，锻件已基本上取代铸件。

铸铁可锻化处理技术只在边境地区还保留着。一般生产工具的形制，已脱离了先秦两汉铸件那种古拙的形态，而变得轻便起来；铸制的交股剪逐渐向锻制的捩轴剪转变。

2．各门手工业技术都取得了较大的成就。

如采矿。在宋代，井盐开采中发明了顿凿法的卓筒井；煤炭加工中发明了炼焦技术；在黄金业中开采了脉金。

如冶铸。冶铁炉已具有较为明显的炉身角和炉腹角，使用了风扇鼓风；灌钢技术有了发展；胆铜法开始大规模地运用于生产；以炉甘石配制黄铜的技术开始见于记载；蒸馏法炼汞技术有了发展；沙型铸造始见于记载；冷锻技术有了较大发展。

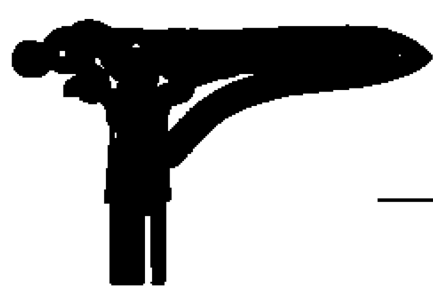
如制瓷技术。至迟在南宋，南方青瓷胎的含铝量便出现了增长的趋势；在制釉技术上有了多项新的突破，青瓷的石灰釉开始向“石灰—碱釉”转变，发明和发展了铜红釉、乳浊釉、影青瓷、粉青釉、梅子青、油滴釉、兔毫釉，以及片纹釉等，釉下彩技术也有了一定进步；发明了分室龙窑和葫芦窑；推广了覆烧法和火照法；出现了各具特色的六大名窑。到元代，制瓷技术又获得了一些进步，景德镇的胎、釉技术都有了发展，龙窑技术和馒头窑技术都有了提高。

如纺织技术。宋代便发明了脚踏缫车和水力大纺车；罗机子技术、提花技术都已发展到相当完善的程度，出现了宽幅重型棉织机；出现了缎组织，使三原组织得以最后形成；纬锦完全取代了经锦的主导地位；艺术织物，罗、锦、缂丝都发展到了更高的阶段。到元代，棉织业在中原地区得到了较大发展，从植棉、轧籽、弹花、卷筳，到纺纱织布，都形成了一整套独立、完整的工艺。

如“四大发明”。宋代的造纸技术已较成熟，造纸原料在继续使用麻、树皮的同时，又大量地使用了竹子、麦秆、稻秆等纤维；在制浆工艺中，使用了水碓捣浆，出现了关于“纸药”的明确记载。雕版印刷在宋代发展到了鼎盛阶段，使用了铜版印刷和型版套色印刷；同时还发明了活字印刷，其中包括木活字和胶泥活字两种工艺。火药在宋初运用到了实战中，并出现了世界上最早的管形火器。指南针技术有了发展，并在宋代用到了行军和航海中。

（六）明清——我国古代手工业技术集大成的阶段

此时，先世发明出来的许多重要技术成果，依然被人们沿用，而且有一定的



改进和提高，操作上亦更为熟练。其中较值得注意的事项是：

1. 早在明代中后期，许多产业部门都出现了资本主义的生产方式，多种手工业的商品生产都已达到了一定的水平，这对其技术上的发展和提高自然会起到一定的促进作用。

张翰《松窗梦语》卷四六载，成化时，其先祖因经营酤酒业失利而购置了一张织机，因产品质量较好，而获利较多，“积两旬，复增一机，后增至二十余。”冯梦龙《醒世恒言》卷十八载，苏州盛泽镇上有一小业主姓施名复，家中原有一张织机，自己养蚕，妻络夫织，因其织品光彩润泽，皆争相购买，“几年间就增上三四张绌机，家中颇为饶裕……昼夜营运，不上十年，就有数千金家事，又买了左近一所大房居住，开起三四十张绌机。”显然这都是商品化生产。

2. 多方面仍有较为重要的技术发明。

如采矿。明代已对煤进行了较为科学的分类，对煤的成因有了一定认识；井盐开采中发明了多种钻具，而固井技术、打捞落物技术、淘井技术都发展到较高水平。清时，明代的撞子钎发展成了“转槽子”，深井开采技术进一步提高；清代还发明了簾盆，这是一种较为先进的油气开采设备。

如金属技术。至迟在明代便使用了活塞式风箱，使用了莹石稀释剂和部分焦炭冶炼；发明了串联式炒钢法和炼锌技术。直接用锌配制了黄铜。青铜熔炼技术有了较大提高，并形成了一整套“先除气、脱氧，再加锌、加锡”的工艺规范。青铜、黄铜锻打都发展到了较高水平。明末清初，广东部分高炉还使用了机车装料，清代灌钢发展到了苏钢的阶段。

如制瓷技术。在明代，景德镇瓷胎的“二元配方”法和石灰—碱釉都进一步确立；在低温釉基础上发展起来的各种釉上彩达到了比较成熟的阶段；创立了釉下青花和釉上多彩相结合的新工艺；永乐、宣德时期烧出了较好的铜红釉，充分显示了明代窑工的高超技艺；景德镇法华三彩采用了牙硝为助熔剂；明代还发明了阶级式龙窑。到清代，在此基础上又有进一步发展。

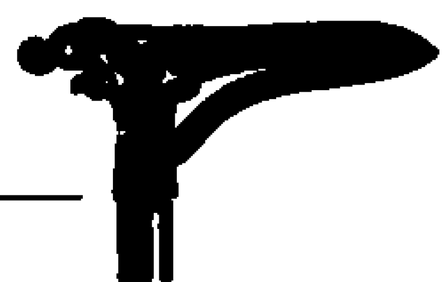
3. 由于造纸术、印刷术，以及整个社会文化事业的发展，宋、明、清各代，都出版了许多内容较为丰富的专业性和综合性图书，使大量古代科技史资料得以较好地保存了下来。

以上是我国古代手工业技术发展的六个基本阶段。

我国古代手工业向近代工业转变，大约经历了三个阶段：（1）知识传入期，为明代晚期及稍后。主要是由于传教士等的活动，西方近代工业的生产知识开始传入我国。大家较为熟悉的，如邓玉函撰王徵译《奇器图说》、汤若望授焦勖著《火攻挈要》（崇祯十六年印）、汤若望和李天经译《矿冶全书》（Dere Metallica）等。（2）技术引进期，即19世纪60年代至民国初年，较早引进的主要是与坚船利炮相关的各种机械，稍后有采煤和金属冶铸设备等。（3）初步形成期，即第一次世界大战后至20世纪40年代[3]。我国近代工业技术，是在引进西方近代技术的情况下发展起来的。

二、关于我国古代手工业技术的几个属性

我国古代手工业技术取得了许多重大成就，究其原因，是与多方面因素有关



的，其中之一便是它本身的基本属性。归结起来，主要有如下几方面：

（一）创造性

在人类实践活动的各种属性中，这是最为重要的一种；没有创造，便没有人类的任何发展和进步。而善于创造，正是我们的民族，我国古代手工业技术十分重要的一个属性。我国古代的许多发明，如青铜技术、生铁技术、制瓷技术、丝织技术、造纸技术、火药技术、印刷技术、指南针技术、顿钻深井开采技术等，对中国文明和世界文明，都产生过重要的影响。但从资源上看，未必只有中国，而是许多地方都有条件做出这些发明的。我国并非是世界上最早使用铜器的国家，但却最早发明和发展了 Cu—Sn—Pb 三元合金的各项技术，从而将青铜技术和青铜文明发展到了最高水平。我国并非是最早用铁的国家，但却最早地发明并发展了生铁技术，从而很快地将铁器文明发展到了较高水平。世界上绝大多数古代民族都经历过制作陶器的阶段，其他地方也出产高岭土或瓷土，但并非所有古代民族都自己制作过瓷器。这些，显然都是与我们民族富于创造密切相关的。

（二）实践性

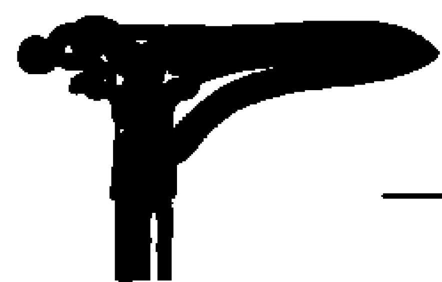
任何一项技术，都是适应于实践的需要而产生出来的，我国古代的科技发明自然也是这样。往昔有学者为了寻找中国近代科技落后的原因，便说："国人虽发明了火药，但却只会用来制作爆仗。""国人虽发明了指南针，但却只会用来看风水。"其实这种说法是不够全面，不够确切的。我国古代各项重大科技发明，实际上都具有较强的实践性和较强生命力，而且也很早就用到了实践中。如火药，约发明于唐代中期，至迟到北宋初年，便开始用到了军事上，《宋史》卷一九七载：开宝三年五月，冯继昇等进火箭法，试验后还得到了奖励。陈规《守城录》卷四载，南宋绍兴二年，制成了世界上最早的管形火器，即长竹竿火枪，这是世界上一切管形火器的鼻祖。人工磁化指南针至迟发明于唐代中期，唐代有了水针，并用到了僧人的涉山指向中；北宋时期，便被用到了军事上和航海事业中，《武经总要》和《萍州可谈》都谈到过指南针。后来有人用火药制作爆仗，用指南针看风水，那是问题的另外一个方面，是不宜相混的。

（三）开放性和包容性

我国古代手工业技术，作为中华文化的一个部分，自古便是既开放，且包容的，一直具有海纳百川、山容众仙的气概。数千年来，我国吸收和消化了许多外来的先进技术，而我国的许多先进技术亦源源不断地传到了国外。黄铜技术、镔铁技术、玻璃吹制技术等，大约都是从中近东、南亚传入的；而我国近代工业技术，基本上是在引进西方近代技术过程中逐渐确立起来的。有学者在探讨中国近代科技落后的原因时，将中国描绘成了一个长期自我封闭的体系，这是不够确切的。其实，政治、文化、技术上的自我封闭或被封闭，都是历史的片断，是由于积贫积弱的内部条件，以及外强的封锁和侵略造成的，并非民族文化、民族技术的本性。

（四）社会性

我们这个统一、多民族的国家得以形成、发展，并延续数千年而不中断，原因是多方面的，其中较为重要的有三方面：（1）特殊的地理环境，使这块土地上



的人们为了自身的生存和发展，很早就结成了一个生命共同体。舜生于东夷，耕于历山，葬于苍梧；禹生于中原而葬于会稽；他们毕生的一项重要活动都是治水。就是治水，将这块广大的土地很早就连在了一起。大量研究表明，在夏代以前这里就建立了一个较为广泛的部落联盟。《禹贡》九州，应大体上是可信的。(2) 发达的青铜技术和钢铁技术，为这个民族的生存、发展和经济上的繁荣打下了最为坚实的物质基础。(3) 统一的文字，使这个民族有了共同的文化基础和长盛不衰的向心力。在这三方面中，前两方面都是属于工程技术方面的，我认为这便是技术的最为重要的社会性。

（五）继承性

许多优秀的手工业技术，都在我国沿用了千百年时间，直到现代大工业发展起来后，才逐渐失去了它的光彩。如炒钢技术、灌钢技术和刀刃嵌钢技术，皆发明于汉，却都沿用到了20世纪；后者则直到现在还在我国民间流传。这些技术之所以经久不衰，首先是其本身的先进性，在千百年的沧桑巨变中，具有强大的生命力；再便是我们民族对这些技术的坚强信念。许多手工业技术，都是靠一代代生产者的口传身授，而不是靠文字记载流传下来的，就更需要这种信念的坚定性。

以上说到了我国古代手工业技术的五个基本属性，因技术是靠人来体现的，故它也是人的一种属性，是我们民族文化、民族心理的一种属性。当然，世界上许多古文化民族的手工业技术都可能具有类似的属性，但在我国体现得更为明显和突出。这也是中华文化得已形成、发展，且数千年长盛不衰的重要原因之一。

三、关于我国古代手工业管理中的几个问题

管理制度对古代手工业技术发展的影响是显而易见的，部分史学工作者和经济史研究者曾对此做过一些不同程度的研究，但科技史工作者对这一领域则较少涉及。今仅依接触到的一些资料，对我国古代手工业管理的几个特点略述管窥之见。

（一）官营手工业在国家经济生活中长时期占有重要的地位

这是中国区别于西方古代社会的一个重要特点[4]。中国很早就建立了中央集权制，各级政府都具有直接控制和经营手工业的职能；中国最早出现的手工业，大约就是官府手工业。其具体形式虽因历史年代和地域而有所不同，如“工商食官”制、专卖制、各种官营制等，但基本属性都是官营的，由官府直接控制。官府经营手工业的目的：(1) 为了满足皇室和政府的直接消费。(2) 可税利合一，便于控制国家财政收入和稳定市场。这种体制的优点是：(1) 其技术先进，资金雄厚，规模较大，分工较细，部分产品的产量和质量都易得到保证。(2) 不但有利于保证王室和政府的一般需要，而且有利于满足国家应急之需，尤其是军事手工业。缺点是：(1) 易于产生各种腐败现象。(2) 将许多优秀的手工业者都集中到了一起，无疑又限制了其技术上的发挥和创造。这利与弊，得与失，汉《盐铁论》中都谈得较为清楚。宋代之后，虽由于民营手工业的发展，官营手工业的地位开始削弱，但其在许多部门的统治地位依然是十分牢固的。在古代手工业向近代工业转化时，我国第一批建立起来的大型工业，依然是官办工业。

（二）民营手工业一直是不可忽缺的

一般认为，我国最早产生的手工业是官府手工业，春秋时期依然是“工商食

官”；当时的民间手工业是与农业结合在一起的。与农业相分离的私营手工业约兴起于战国时期，之后便一直延续了下来，并成了国家经济生活的重要组成部分。我国古代民营手工业的发展，其道路是较为曲折的。归结起来约有两种情况：一是政策较为宽松时，就发展得较快，否则就较慢。如汉代对民营手工业的一般管理，前期放任，中期限制，后期则趋于宽松；手工业的发展亦随之受到影响。二是社会极度混乱，民族压迫和阶级压迫过于残酷时，手工业技术便会受到极度挤压和摧残，魏晋南北朝和元代大体属于这一类型。总体上看，官府手工业与民营手工业这两种管理体制的利与弊，往往是相辅相成的；但一个宽松的环境，对官府手工业和民营手工业技术的发展，往往都会起到积极的推动作用。

（三）手工业中较早出现行会组织

“行”这一名称至迟出现于隋，最初大约只是一种业务性的称谓，或指个别店铺或作坊言，与该行业的组织并无关系。如《太平御览》卷一九一引《西京记》云:“大业六年，诸夷来朝，请入市交易，炀帝许之。于是修饰诸行，葺理邸店，皆使甍宇齐正，卑高如一，瑰货充积，人物华盛，时诸行铺竞崇侈丽，至卖菜者亦以龙须席藉之。”此“行”显然是指一个行业，或诸多店铺，未必包含行业组织之意。之后，“行”的这一含义便一直延续了下来，在唐代及其之后皆随处可见。如:《太平广记》卷二六一“郑群玉”引《乾䐶子》:“唐东市铁行有范生，卜举人连中成败，每卦一缣。”

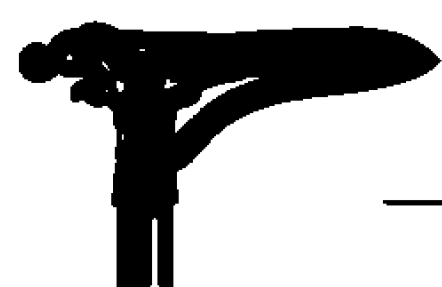
随着工商业的发展，各行业内、不同行业间遇到的问题越来越多，大约唐代，某种形式的工商组织便自然地产生了出来。《古今图书集成·考工典》卷十引《卢氏杂说》:“卢氏子失第，徒步出都城，逆旅寒甚，有一人续至附火，吟云：‘学织缭绫工未多，乱拈机杼错抛梭；莫教官锦行家见，把此文章笑杀他。’卢愕然，以为白乐天诗。问姓名，曰姓李，世织绫锦，前属东都锦坊，近以薄技投本行，皆云：‘以今花样与前不同，不谓伎俩见，以文彩求售者，不重于世，如此且东归去。’”即是说，李姓织工的技术不符“本行”眼下的技术要求，故投行时遭到拒绝。可知此“本行”不再是个别作坊，而是某种形式的手工业组织。

又，《太平广记》卷二八〇“刘景复”引《纂异记》:“吴泰伯庙在东闾门之西，每春秋季，市肆皆率其党合牢醴，祈福于三让王。多图善马、彩舆、女子以献之，非其月，亦无虚日。乙丑春，有金银行首纠合其徒，以绡画美人捧胡琴以从，其貌出于旧绘者。名美人为胜儿，盖户牖墙壁会前后所献者，无以匹也。”此述为金银行与其他行的赛神活动。“市肆皆率其党”数句，即各行皆由其行首率领同行会员向吴泰伯庙献祭祈福。显然是一种有组织的行业活动。

这种唐代“行”的工商组织，其职能和规章制度如何，今已难得全面了解。从后世的情况看，无非是沟通官府、协调同业者、联络非同业者这三大方面。宋代之后，“行”的组织有了进一步发展，并在我国古代手工业管理中起到过一定的积极作用。

（四）较早便建立了一套相对完整的技术管理制度

我国古代对手工业的技术管理，一直都是较为重视的，并在春秋战国及至稍前，就建立了一套相对完整的体系。许多文献记载和铜器、漆器铭文皆可为证。



归结起来，这种技术管理至少包括如下八个方面。

1．对产品大小、尺寸、重量等，都有明确规定。如《考工记》“车人为车”条载：“车人为车，柯长三尺，博三寸，厚一寸有半。五分其长，以其一为之首。毂长半柯，其围一柯有半。辐长一柯有半。其博三寸；厚三之一。”这里便谈到了车子各部的尺寸规范。这类例子在《考工记》一书中较多。

南宋末年陈元靓《事林广记》前编卷十一“器用”条在谈到“器用制度”时说：“且物莫不有制，制莫不有则，规矩准绳，度量权衡皆制物之定则也。盖规以取其圆，矩以成其方，准以揆其干，绳以就其正，度以度其长短，量以测其浅深，权以审其轻重，衡定其低昂，合是数者，然后谓之有制。”[5]《事林广记》系日用类百科全书。可知自古以来，不管官方还是民间，器用皆有制度的。

2．对某些生产过程做出过明确规范，或提出过某种标识。如《考工记》“六齐”条说到了铸造不同的器物应使用不同成分的合金；“铸金之状”条谈到了以火焰颜色来辨别熔炼进程的方法等。

3．产品质量不符要求者不准上市。如《礼记·王制》（下）载：“用器不中度，不粥于市；兵车不中度，不粥于市；布帛精粗不中数、幅广狭不中量，不粥于市；奸色乱正色，不粥于市……果实未熟，不粥于市；木不中伐，不粥于市。”这里对一般用器、兵车、布帛，乃至果木的上市标准都作了规定。又如《考工记》“瓬人为簋”条载：“实一觳，崇尺，厚半寸，唇寸。豆实三而成觳，崇尺。凡陶瓬之事，髻垦薜暴不入市，器中膊，豆中县，膊崇四尺，方四寸。”此一方面谈到了簋的各部尺寸规定，另一方面还谈到了如若质量不合要求便不准入市的规定。

4．建立质量检查和赏罚制度。《考工记》“梓人为饮器”条说：“凡试梓饮器，乡衡而实不尽，梓师罪之。”即是说，凡试饮器质量，只要举爵饮酒，当二柱向眉而爵中尚有余滴未尽时，梓师就要处罚制器的梓人。

长孙无忌等撰《唐律疏义》卷九载唐律云：“诸御幸舟误，不牢固者，工匠绞（原注：工匠各以所由为首）。若不整饰及阙少者，徒二（年）。”又载云：“诸乘舆服御物，持护修整不如法者，杖八十；若进御乖失者，杖一百；其车马之属不调习，驾驭之具不完牢，徒二年；未进御，减三等。”

《唐律疏义》卷二六：“诸造器用之物及绢布之属，有行滥、短狭而卖者，各杖六十（原注：不牢谓之行，不真谓之滥，即造横刀及箭镞用柔铁者亦滥）。”

5．每年定期检查。如《礼记·月令》载：孟冬之月，“命工师效功，陈祭器，按度程，毋或作为淫巧，以荡上心。”

6．“物勒工名”，以明确责任。《礼记·月令》载：“必功致为上，物勒工名，以考其诚，功有不当，必行其罪，以穷其情。”这是关于“物勒工名”的明确记载，其目的是“以考其诚”，且说“功有不当”时，是“必行其罪”的。

7．规定某项工程的具体用工用料量。大家较为熟悉的，如明《宣德鼎彝谱》卷一、卷二所记实为工部呈进御览的用料疏，其中包括各种物料的名称、数量和用途。清代的工部工程则例中所记基本上是用工用料量。这种制度当早已使用。

8．一些重要的产品，大凡都要先做设计，之后再依图样进行生产加工。这不但有大量实物资料为凭，且有许多文字资料为证。从现有资料看，这种图样或模



型约有三种：（1）参考样，即官方提供某类物品的基本形制和风格，生产过程中人们可对其部分尺寸或纹样做局部调整。1979 年，吉林珲春西崴子金代遗址出土一枚手柄文字镜，直径 9.1 厘米，镜背有五言诗铭：“黄铜成勋业，青铜示范模；开奁时览处，还忆故人无。”[6]此“示范模”，显然是用作参考的基本型，在不影响总体风格的情况下，实际生产时可对其尺寸、纹样等作稍作调整。（2）小样，之后放大。如船舶设计，第六章的造船部分将要谈到。（3）标准样，即官方规定了某类器物的形制和尺寸，生产过程中再也不能更改。如钱币铸造，有关情况在第五章的出蜡法部分将要谈到。

这些技术管理制度，基本上是由国家某级管理部门制定的，对保证产品质量起到了积极的作用。

（五）采用官、民并重的方式培养技术人才

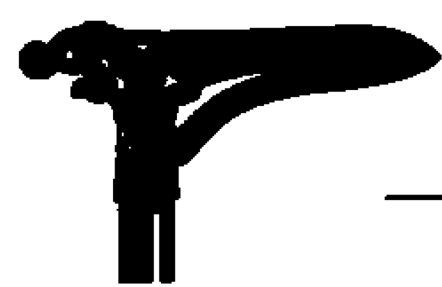
这方面的研究还较少。从本人接触到的一些古代文献看，古人大体上采用了私家培养与公家教育相结合的办法，即一方面注重父子相传、师徒相授、言传身教，另一方面，国家也有组织有计划地进行培养。

《国语·齐语》“管仲对齐桓公”在谈到对民众的管理方式时说：“四民者，勿使杂处。”“处工就官府；处商就市井；处农就田野。”认为这便于管理，少生事端，使各种职业团体和社会阶层十分稳定地一代代往下传。接着，管仲还谈到了这种管理方式在人才培养方面的优点：“令夫工，群萃而州处，审其四时，辨其功苦，权节其用，论比协材，旦暮从事，施于四方，以饬其子弟，相语以事，相示以巧，相陈以功。少而习焉，其心安焉，不见异物而迁焉。是故其父兄之教不肃而成，其子弟之能不劳而能。夫是，故士之子恒为士。”可见当时官府培养手工业人才的方式便是勿使四民杂处，使四民“相语以事，相示以巧”。看来，这种言传身教，应是我国古代的民间手工业，以及早期官府手工业培养人才的主要方式。《韩昌黎集》卷十二“师说”：“巫医乐师百工之人，不耻相师。”所说亦是此意。

《新唐书》卷四八“百官志·少府监”载：“细镂之工，教以四年；车路乐器之工，三年；平漫刀矟之工，二年；矢镞竹漆屈柳之工，半焉；冠冕弁帻之工，九月。教作者，传家技，四季以令丞试之，岁终以监试之。”这里依不同的工种，规定了不同的学习期限，并说“教作者”每年还要“以监试之”。此外，《唐六典》卷二二“少府”条也有类似的说法，可与《新唐书》互为补充：“凡教诸杂作，计其功之众寡，与其难易，而均平之。功多而难者，限四年、三年成，其次二年，最少四十日，作为等差而均其劳逸焉（原注：凡教诸杂作工业。金银铜铁铸锔凿镂错锡，所谓工夫者，限四年成，以外限二年成，平慢者恨（限）二年成；诸杂作有一年半者，有一年者，有九月者，有三月者，有五十日者，有四十日者）。”可见此官府手工业的技术人才，是有计划地进行培养的。这条资料十分重要，他处所见甚鲜。至于此种制度始于何时，是否每一朝代如此坚持，则有待进一步研究。

（六）较为重视科学试验

我国古代科学技术取得了许多重大成就，有的是生产经验的总结，有的则是通过科学试验而得到的；即使是实际生产，许多东西也是经过了反复实践，多次



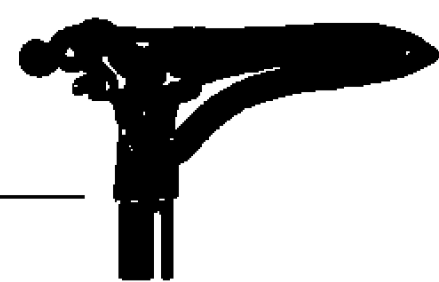
试验的。曾有学者对我国古代是否存在科学试验有些疑虑，这是不解情况之故。《墨经》中的许多光学现象，在生活实践中是看不到的，只能在试验中才能得到[7]。《考工记·六齐》的成分规定，并非来自于生产实践，亦非指导生产实践的工艺规范，而是一种试验资料的反映和归纳[8]。在冶金、机械、陶瓷、纺织等技术科学中，各种试验都是较多的，有的试验还较复杂。

今举一例考古资料。陕西铜川唐代黄堡窑发掘了3座三彩窑和一座试烧三彩釉的小窑。此小窑位于三彩作坊的第四工作室（实为窑洞）外，由落灰坑、窑门、燃烧室、烟囱四部分组成，用砖围砌。灰坑在前，长0.43米、宽0.25米、深0.13米。窑门宽0.27米、高0.26米，兼具了投柴口、进风口的功能。燃烧室的上部结构不明。烟囱位于燃烧室之后，周围是红烧土。窑内积满柴灰，且杂有三彩釉滴；人们认为，这当是试验用小窑，釉汁配出后，须先进行试烧，待色泽获得满意的效果后，才正式用来施釉[9]。试烧窑的使用，这就保证了产品质量，也为探索新的品种创造了良好的条件。

四、关于我国古代手工业技术史研究的简单情况

自古至今，我国历代对修书治史都十分重视。其始为官修，至迟到春秋，便出现了私家修史；《尚书》中许多篇章都是商代、西周时期的作品，这是今知最早的官修典籍；孔子作《春秋》，当是私家修史之始。之后，治史之风便在我国一直流传了下来。德国哲学家黑格尔曾赞叹道："中国'历史作家'的层出不穷，继续不断，实在是任何民族所比不上的。"[10]古人修史的目的也一直十分明确，即鉴古以知今。《史记》卷十八"高祖功臣侯者年表"载："居今之世，志古之道；所以自镜也，未必尽同；帝王者，各殊礼而异务，要以成功为统纪，岂可绲乎。"但历代所修之史，基本上是社会史；对于手工业技术史，则很少有人问津；在浩如烟海的经史子集中，包括各种"类书"，其科技史资料多是零星、分散的，且主要是人们对某些重要人物、重要器物及典型事件的简单追忆。对科技史的系统整理和研究，基本上是民国初年之后的事。此时，现代科技已经传入，第一批现代产业已经出现，第一批具有现代科学知识的科研教学队伍开始形成。从民国初年至20世纪末，我国古代技术史研究大约经历了四个阶段，即萌芽期、初步发展期、健步发展期和蓬勃发展期。我国科技史研究能取得今日之成果，一方面得益于先人创造的光辉业绩，另一方面则得益于近百年来几代学者，其中包括科技史工作者、考古工作者等的共同探索和努力。

萌芽期，即民国初年至20世纪20年代。此时多个学科都开始了对我国古代技术史的研究，其中有通论性作品，也有专题性研究。比较值得注意的事件主要有：(1)人们通过文献研究，发表了一系列专题论文。涉及的学科有采矿、冶金、机械、建筑、印刷术、指南针、陶瓷、纺织、印染、食品、水利等。依时间先后，大家较为熟悉的有：1914年乘骏《中国古瓷之研究》、1916年李启沅《中国历代工业考》、1918年章鸿钊《中国铜器铁器时代沿革考》、1919年王宠佑《中国矿业历史》、1920年王琎《中国古代金属原质之化学》、《中国古代金属化合物之化学》、1921年王琎《中国古代酒精发酵业之一斑》、1924年章炳麟《指南针考》、1925年张荫麟《卢道隆吴德仁记里鼓车之造法》、1926年心史《中国染业史》、罗

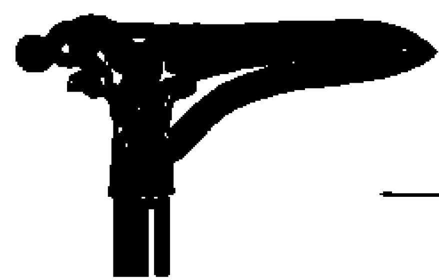


庸《模拟考工记车制》、1928年贺圣鼐《中国印刷沿革史略》、刘敦桢《佛教对中国建筑之影响》、肖开瀛《历代浚治七浦略史》等。此外还有一些，在此不再一一引述。也有少数论文更早一些，如1905刘汉光《周末学术序——工艺学史序》等[11]。（2）开始对考古实物的科学分析，其中大家较熟悉的论文如：1921年王琎《中国制钱之定量分析》，1923年王琎《五铢钱化学成分及古代应用铅锡锌镴考》、1925年梁津《周代合金成分考》等[12]。（3）1929年成立中国营造学社，其为私人兴办，由朱启钤任社长，开始系统地研究中国古代建筑技术史。这是中国古代科技史研究的第一个学术团体。（4）进行了中外科技交流史的研究。大家较为熟悉的论文如：1926年向达《纸自中国传入欧洲考略》[13]、1929年向达翻译《中国印刷术之发明及其传入欧洲考》（T. F. Carter著）等。此时，国外学者对中国科技史的研究也做了不少工作，不少研究甚至较中国学者稍早。

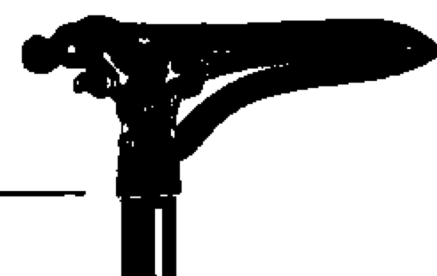
初步发展期，即20世纪三四十年代。这时国际国内环境都较严峻，但科技史研究却获得了初步发展。比较值得注意的事件是：（1）有关研究有了深入和扩展。如：刘仙洲对中国古代机械工程史料作了系统整理和研究，并发表了长篇连载的《中国机械工程史料》[14]。王振铎对指南针、指南车进行了深入研究，并发表了长篇论文《指南车记里鼓车之考证及模制》和《司南指针与罗盘经》，其中许多观点至今仍为学术界引用[15]。（2）纺织等学科往日涉及稍少，此期也发表了多篇专题论文，如朱杰勤《华丝传入欧洲考》、陆树勋《吉贝及白氎》、周匡氏《从历史的看法蚕丝发明在殷代》等[16]。（3）部分学者开始了传统技术调查。如1938年，周志宏对重庆北碚金刚碑炼钢厂的苏钢工艺进行了考察，后于1954年发表了《中国早期钢铁冶炼技术上创造性的成就》一文，其分析资料成了现代学者了解灌钢工艺原理的重要依据，其学术观点亦为现代学者引用。

健步发展期，即20世纪50至70年代初期。此时，在科学家们奔走和政府的支持下，科技史研究事业正式纳入了国家科学研究的轨道，各方面的工作都有计划地稳步发展起来。其中较值得注意的事项有：（1）1957年，在中国科学院设立了专门的研究机构——自然科学史研究室，到20世纪60年代中期，在技术史方面已置有采矿、冶铸、机械、纺织、建筑5个学科；此外，清华大学、北京钢铁学院、上海硅酸盐研究所等许多高等院校和科研单位，都有专人从事技术史研究工作。此前，科技史研究总体上还是自发的。（2）由于考古事业的发展，出土了大量很有研究价值的古代文物，为技术史研究提供了许多宝贵的实物资料，从而促进了技术史研究事业的发展。如周仁对大量古陶器的分析研究[17]，便成了古代陶瓷科学研究的经典之作。（3）在系统研究的基础上，出版了第一批技术史专著。大家熟知的如杨宽《中国土法冶铁炼钢技术发展简史》（1960年）、刘仙洲《中国机械工程发明史》（1962年）和《中国古代农业机械发明史》（1963年）等。

蓬勃发展期，即20世纪70年代中期至90年代。20世纪70年代时，我国曾在较大范围内开展了“儒法斗争史”的研究，知识界许多人士，包括工厂、高等院校、科研单位、史学界、考古界的学者都置身于这一行列中，客观上为科技史研究输送了一大批优秀人才；使科技史研究出现了前所未有、蓬勃发展的新局面。此期较值得注意的事项是：（1）1980年成立了中国科学技术史学会，其下属机构



中，便有多个技术史分会。在这前后，部分高等学校和科研单位还设置了专门的技术史研究机构，部分省市还成立了中国科学技术史分会；它们都经常召开学术讨论会。(2) 各学科的研究方法都较前有了较大扩展，人们使用文献研究、考古实物的科学分析、传统技术调查、模拟试验等相结合的研究方法，使结论更为科学。(3) 在深入研究的基础上，许多学科都先后出版了自己的专著，如北京钢铁学院《中国冶金简史》(1978 年)、夏湘蓉等《中国矿业开发史》(1980 年)、陈维稷主编《中国纺织科学技术史 (古代部分)》(1984 年)。之后有关专著逐渐增多，许多技术史研究都进入了集大成的阶段。



参 考 文 献

[1] 李约瑟:《中国科学技术史》第一卷“总论”第二分册，第546～547页。李约瑟认为，从公元1世纪到18世纪，由中国先后传到欧洲和其他地方的技术较多，受英文字母数的限制，他列举了26项，即：(1) 龙骨车；(2) 石碾和水力在石碾上的应用；(3) 水排；(4) 风扇车和簸扬机；(5) 活塞式风箱；(6) 平织机（它可能也是印度的发明）和提花机；(7) 缫丝、纺丝和调丝机；(8) 独轮车；(9) 加帆手推车；(10) 磨车；(11) 拖重牲口用的两种高效马具，即胸带和套包子；(12) 弓弩；(13) 风筝；(14) 竹蜻蜓和走马灯；(15) 深钻技术；(16) 铸铁的使用；(17) 游动常平悬吊器；(18) 弧形拱桥；(19) 铁索吊桥；(20) 河渠闸门；(21) 造船和航运方面的无数发明，包括防水隔仓、高效率空气动力帆和前后索具；(22) 船尾的方向舵；(23) 火药以及和它有关的一些技术；(24) 罗盘针，先用于看风水，后来又用于航海；(25) 纸，印刷术和活字印刷；(26) 瓷器。

[2]《中华文明史》第一卷“原始手工业技术”（此部分为何堂坤撰），河北教育出版社，1998年。

[3] 何堂坤等:《纺织与矿冶志》第397～422页，《中华文化通志》第七典，上海人民出版社，1998年。

[4] 刘佛丁等:《工商制度志》第23～57页，《中华文化通志》第4典，上海人民出版社，1998年。

[5] 见《新编纂图增类群书类要事林广记》前编卷十一。1963年中华书局影印本。胡道静在影印本“前言”中说:“《事林广记》是一部日用百科全书型的古代民间类书，南宋末年陈元靓编。宋季原本，今不可见，现存的元明刊本，都是经过增广和删改的。”此本系用元至顺（1330～1333年）建安椿庄书院本影印。“《事林广记》原本的成书时期，必在宋季，而决不人于元代。”

[6] 张英:《吉林出土铜镜》，文物出版社，1990年。

[7] 洪震寰:《“墨经”光学八条釐说》,《科学史集刊》第四期，科学出版社，1962年。

[8] 何堂坤:《“六齐”之管窥》,《科技史文集》第15辑，上海科学技术出版社，1989年。

[9] 陕西省考古研究所:《唐代黄堡窑址》第15页、第24页，文物出版社，1992年。

[10] 黑格尔:《历史哲学》第161页，三联书店，1956年。

[11] 乘骏:《中国古瓷之研究》,《东方杂志》1914年第11卷第5期。李启沅:《中国历代工业考》,《学生杂志》1916年第3卷第10期。章鸿钊:《中国铜器铁器时代沿革考》,《石雅》,1918年。王宠佑:《中国矿业历史》,《东方杂志》1919年第16卷第5期。王琎:《中国古代金属原质之化学》,《科学》1920年第5卷第6期。王琎:《中国古代金属化合物之化学》,《科学》1920年第5卷第7期。王琎:《中国古代酒精发酵业之一斑》,《科学》1921年第6卷第3期。章炳麟:《指南针考》,《国华》1924年第1卷第5期。张荫麟:《卢道隆吴德仁记里鼓车之造法》,《清华大学学报》1925年第2卷第2期。心史:《中国染业史》,《东方杂志》1926年第23卷第6期。罗庸:《模拟考工记车制》,《国立历史博物馆丛刊》1926年第1卷第1期。王宠佑:《中国冶业史》,《矿冶》1928年第1卷第4期。贺圣鼐:《中国印刷沿革史略》,《东方杂志》1928年第25卷第18期。刘敦桢:《佛教对中国建筑之影响》,《科学》1928年第13卷第4期。肖开瀛:《历代浚治七浦略史》,《太湖流域水利季刊》1928年第1卷第4期。刘汉光:《周末学术序——工艺学史序》,《国粹学报》1905年第1卷第4期。

[12]（季）梁:《中国制钱之定量分析》,《科学》1921 年第 6 卷第 11 期，南京高师理科学生分析。王琎:《五铢钱化学成分及古代应用铅锡锌镴考》,《科学》1923 年第 8 卷第 3 期。梁津:《周代合金成分考》,《科学》1925 年第 9 卷第 10 期。

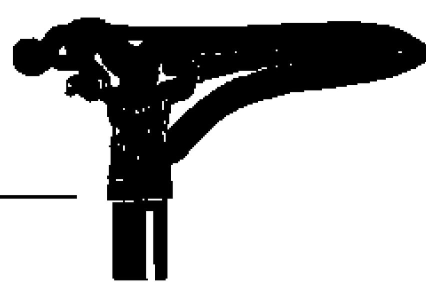
[13] 向达:《纸自中国传入欧洲考略》,《科学》1926 年第 11 卷第 6 期。

[14] 刘仙洲:《中国机械工程史料》,《国立清华大学工程学会会刊》1935 年第 4 卷第 1 期，第 1～44 页，第 2 期第 27～70 页。

[15] 王振铎:《指南车记里鼓车之考证及模制》,《史学集刊》1937 年第 3 期，第 1～46 页。王振铎:《司南指针与罗盘经》，分载于《中国考古学报》1948 年第 3 期，第 119～259 页，1948 年第 4 期，第 185～223 页，1951 年第 5 期，第 101～176 页。

[16] 朱杰勤:《华丝传入欧洲考》,《文史汇刊》1935 年第 1 卷第 2 期。陆树勋:《吉贝及白毲》,《古学丛刊》1940 年第 9 期。包宗福:《中国古代的纺织技术》,《纺织染》1948 年第 2 卷第 5 期。周匡氏:《从历史的看法蚕丝发明在殷代》,《蚕丝杂志》1948 年第 2 卷第 8 期。

[17] 周仁等:《我国黄河流域新石器时代和殷周时代制陶工艺的科学总结》,《考古学报》1964 年第 1 期。



第 一 章

原始社会的生产活动和手工业技术的萌芽

从现有资料看，人类历史大约已有三四百万年的时间，其中绝大多数岁月都是在旧石器时代渡过的。旧石器时代约始于三四百万年前，止于一万五千年前，之后便是新石器时代；在我国一些主要文化区，新石器时代约止于四五千年前①。从世界范围看，世界各主要古文化区的发展速度和历史步伐虽有一些差别，但总体上是相差不大的。

在整个旧石器时代，各项手工技术都被最原始的生产活动掩盖着；在新石器时代，手工业亦未发展成独立的生产部门，而是与农业结合在一起，利用农闲时间进行的。新石器时代末期和铜石并用时代之后，随着生产的发展，私有制的产生，手工业才逐渐从农业中脱离出来，而成了独立的生产部门，也才有了真正的手工业技术。至于其“独立”出来的具体年代，学术界尚无一致看法，亦未进行过专门讨论，从现有考古资料看，我们认为大体应在龙山文化早、中期，即夏建国之前。主要理由是：（1）此时在长江、黄河两流域都出现了具有一定规模的古城，其中应住有一定数量与农业相分离了的手工业者；（2）在长江、黄河流域的考古文化中，手工技术的分工已相当明显和精细，并生产了一些服务于少数特殊阶层的精制产品，其应为专职手工业者制作[1]。自然，此“独立”出来的过程并不是在短期内实现的，各考古文化亦会有先有后，但在夏建国前当已基本完成。原始社会的绝大部分时间，大体上皆可视为手工业技术的“妊娠期”，而河南龙山文化、山东龙山文化、石家河文化、良渚文化及其与之年代相当的诸考古文化，则大体上可视为独立手工业技术的形成期或诞生期。

在旧石器时代，人类手工性生产获得了六项较为重大的成就，即：掌握了原始的石器打制技术，制作了最为简单的生产工具；使用了飞石索；制造了石镞和弓箭；发明了装柄工具；掌握了磨光和穿孔技术；发明了摩擦取火技术。在新石器时代，人类同样获得了六项较为重要的成就，即：有了农业，发明了制陶技术、纺织技术、冶金技术、原始机械技术和建筑技术。这些生产技术的出现，将人类社会推向了一个新的阶段。

---

① 1819 年，丹麦皇家博物馆馆长 C. J. 汤姆逊依据北欧馆藏考古资料，最先把史前期分成了石器时代、青铜时代和铁器时代三个阶段；1836 年，他在所著《北欧古物导论》一书中，阐明了此三个阶段的理论。1865 年，英国学者 J. 卢伯克又把石器时代分成了旧石器时代和新石器时代两个阶段。1877 年，意大利学者 G. 基耶里克又在新石器时代与青铜时代间插入了个“铜石并用时代”。本书只将原始社会区分为旧石器时代和新石器时代，而把铜石并用时代归于新石器时代晚期。

第一节 旧石器时代的几项主要手工性技术

人类的产生，是从制造工具开始的。在整个石器时代，人类使用的生产工具主要是石器，还有木器、骨器；在旧石器时代，这种石器都是打制的；打制石器也就成了当时主要的手工性生产。当时的主要生活来源是采集和狩猎，所以当时许多发明、创造都是与此有关的。其时农业尚未产生，更无所谓手工业，故我今将相关的生产活动暂称为手工性生产。

一、石器打制技术

石料因蕴藏丰富，且具有一定强度和易于加工，故很快就被人类利用起来。人们最初利用的“石器”应是直接从河滩等处采集来的，之后才发展到了有意制作的阶段。在旧石器时代，石器制作法主要是打制。一般认为，打制之法约分三步：一是采集和选择石料；二是打出雏形；三是修整打下的石片和石核。

（一）石料的采集和选择

从大量发掘资料看，原始人选择石料的基本原则是因地制宜、就地取材；对石料的基本要求是具有一定硬度，并易于打制加工。石料最初应是从河滩或岩石区拣来的自然石块，如北京人[2][3]、丁村人[4]以及广西的许多旧石器文化那样[5]；在旧石器时代晚期，有条件的地方便发展到了在原生岩层上开采石料的阶段，如呼和浩特东郊大窑文化的石器制造场等处所见[6][7]。石质种类则往往因时间、地点之不同而呈现一定差别。山西西侯度石器主要是石英岩，少数脉石英和火山岩[8]；云南元谋人石器亦以石英、石英岩砾石、石片为原料[9]；大窑文化对石英岩、花岗岩、砂岩三者则是基本上不用或少用的，大量使用的是优质燧石。

（二）打击石片之法

打击之法至少包括如下五种：

1. 碰砧法。即将选好的石料向一块较大的石砧（自然砾石）上碰击。这种方法得到的石片往往横向尺寸大于纵向尺寸。多用于砂岩。

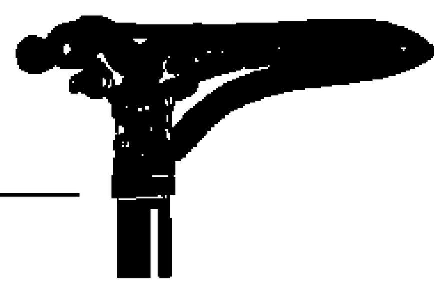
2. 摔击法。即将选好的石料置于地上，之后手握另一石头摔击地上的石料。如上两法击下者，其石片角往往皆较大。

3. 锤击法。即把选好的石料置于地上，之后手握一块作为石锤的石头去锤石料，从石料边缘上敲剥石片。此法较为常见。所得石片面较小。

4. 垂直锤击法。即将石料置于石砧上，并用手扶住，另一手用石锤砸击石料。此法所得石片往往小而长。

5. 间接打击法。即用石锤先向木棒等媒介物上施力，之后再经由木棒等传递，使力作用于石料上。二次加工时亦常用此法。

此述五种方法中，前四种皆属于直接打击法；显然，间接打击法是稍见进步的。为区别起见，今人把从石料上打下的石块称之为“石片”，以它做成的石器谓之“石片石器”；打下石片之后剩下的石块称为“石核”，以之做成的石器便称之为“石核石器”。



（三）修整石片和石核的主要操作

打下的石片和同时产生的石核一般都是不太规整的，故须进行第二次加工。主要操作有：

1. 锤击法。即用石锤敲击石片的某一部分，使刃部变得锋利起来。

2. 指垫法。即用一只手指垫住石片，另一手持石锤轻轻敲击。

3. 压制法。即把石片放在石砧上，用木、骨的尖端对准石片加工部位用力推压。此法多见于旧石器时代晚期。

这些方法自然都是十分原始的，沿用时间也较长。旧石器时代石器往往不加修整或只作少许修整，著名的丁村人石器也很少进行第二次加工，广西地区则直到较晚的年代仍然如此[5]。我国境内的旧石器文化是以石片石器为主的，这早在西侯度文化中便已明显地表现出来，在呼和浩特大窑石器加工场，石核甚至被当成废品而被抛弃；但也有一些地方较为特殊，如广西是以石核石器为主的[5]。

（四）石器的主要品种

旧石器时代早期，石器品种是很少的，形制也十分简单粗糙。中、晚期后略有增加，加工稍见精细，某些品种逐渐定型。大体分来，旧石器时代石器主要有如下几种[3][10]：

砍砸器。包括单面砍砸器、双面砍砸器、盘状砍砸器等。常以石片、石核、砾石打制而成，刃部常作第二次加工，体型多较厚重。主要用于砍砸树木、砍劈木柴、制造狩猎用棍棒等，是出现较早、使用较广的一种器物。西侯度曾有出土，北京猿人等都曾大量使用，应是石斧的早期形态。

刮削器。包括直刃、凸刃、凹刃、多边刃、盘状等器形，多以小石片加工而成。主要用于刮削木棒、兽皮等。也是旧石器时代出现较早、使用较广的一种器形。西侯度曾有出土，大窑文化亦可看到。

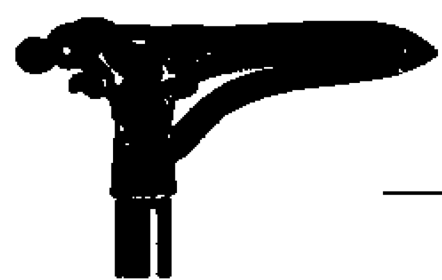
尖状器。一种有尖的工具，多由石片加工而成，刃尖两侧常进行第二次加工，主要用于割剁兽皮等。在旧石器时代较为常见，西侯度、水洞沟[11]、大窑等地都可看到。水洞沟出土的尖状器器形周正，加工精细，左右对称，技术水平较高。

雕刻器。多用小石片加工而成。始见于北京人时期，北京周口店曾出土；多见于旧石器时代晚期，许家窑[12]、峙峪[13]、下川[14]都出土有斜边雕刻器，下川还出土有屋脊形雕刻器和鸟喙形雕刻器。

石锯。下川文化一共出土9件，多在石片的宽端从平整的一侧向另一侧均匀地做成锯齿状。

石钻。北京猿人时期已出现了与此相类的器物。许家窑文化曾出土一件，身部稍大，头部骤尖锐利。下川出土有石锥钻，在后世的细石器文化遗址中较为常见，并较典型。锥和钻都可用来穿孔，但两者是有区别的，锥通常只作“排开”式穿刺，被锥物体未必因被切削而产生碎屑；钻则需作“切削式”穿刺，被钻透的物体必然被切削掉一部分，并出现碎屑；自然，钻的功用亦更多一些。

此外还有石球、石镞、小石刀、手斧等。前二者将在下面专门介绍。手斧在旧石器时代早期的蓝田人时代便曾发现[15][16]，旧石器时代晚期的大窑文化、辽宁海城小孤山[17]亦有出土，但形制不甚规整，它在整个旧石器时代都不太流行。上



述器物除了石球外，其实都是不同形式的尖状器、刃器，在力学上都是一种尖劈，这是人类对尖劈原理的一种较早利用。

二、石球的使用和飞石索

（一）石球

石质球形器的出现约可上推到旧石器文化早期的蓝田人和匼河文化时期；北京人遗址亦发现过 8 件，分属于 4 个层位[2]。但当时器形尚不太规整，且数量较少。旧石器时代中期，形制稍见规整起来，数量亦明显增多，这在丁村文化、许家窑文化等中都表现得十分明显。丁村石球计约 100 多枚[4][18]，加工比较细致，外形较为规整，重 500 ~ 1300 克，多用质地较软的石灰岩打成。石球在许家窑文化期极为盛行，共计出土了 1000 多件，重 80 ~ 2000 克左右，大者直径超过 10 厘米。有的资料形容其"球面已敲打得匀称圆滚"。旧石器时代早、中期，石球多见于陕西、山西、河南一带；旧石器晚期，则辽宁、内蒙、甘肃等地亦有出土，辽宁海城小孤山曾出土多件；大窑石器加工场亦出土石球 3 件，一件较规整，直径 7.9 厘米，通体浑圆。

石球制作方法约分三步：（1）把河滩上拣来的砾石打制成球状的雏形；（2）反复打击，制成球状荒坯；（3）左右两手各持一荒坯，互相打击，把荒坯表面的坑疤打平、磨平，即成圆滚的石球。在年代稍早的蓝田、匼河及至旧石器时代中期的丁村，大约只使用了上述第一、二步加工方法，第三步加工则是到了许家窑文化时期才看到的[3][10][12]。

石球可单独使用，也可组合起来使用，前者的一个重要例子是飘石投掷器，后者的重要例子是绊兽索和飞石索。这在后世的记载和民族学资料中都可看到[19]。

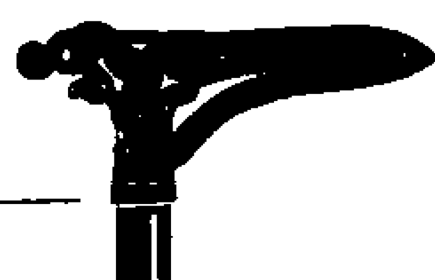
飘石投掷器。这是一种带有皮兜的棍棒投射器，具体做法是以兜挂竿头，贮石打出，石发圈落。清代许乃济《武备辑要续编》卷七"乡守器具"条在谈到其结构时说："每用一握竹，长五尺，以长绳二股，一头系竹上，一头用一环，绳中分用一皮兜，径五寸，摇竹为势，一掷而发，守城宜用。"

绊兽索。结构与长鞭相近，长棍一端拴一条长 5 ~ 6 米的绳子，绳的末端拴一石球。平时，绳子绕在木棍顶端，一旦逼近野兽，猛然甩动木棍，石球飞跃而出，击中目标后，因急速施转而将兽足绕住。20 世纪 50 年代以前我国部分少数民族还有使用。《晋书》卷一二二"吕光传"说到的一种"羂"，其实也是一种绊兽索，其原文是：库车以西的狯胡能"以革索为羂，策马掷人，多有中者，众甚惮之"。这是把绊兽索用到了作战上。

（二）飞石索

飞石索有三种不同形式[20][21]：（1）单股式。取一索，长约 0.6 ~ 0.7 米，一端系石球，一端握在手中；投掷时，先用力旋转，之后松手，石球引索出击，可击伤或击倒野兽。（2）双股式。取一条长 1.3 米左右的绳索，中间编一个网兜以作盛石之用。投掷时，将索的两端握于手中，用力旋转后将石球甩出。射程可达 50 ~ 100 米。这两种方法曾分别在藏族、羌族、纳西族、彝族中使用。（3）南美印第安人除了使用过如上两种外，还有三股飞石索，每股绳拴上一个石球。

当然，旧石器时代对石球的使用方法与上述是否完全一样，今日尚无十分确



切的资料。绊兽索和飞石索的出现，是狩猎技术上的一项重大进步，也是旧石器时代的一项重要技术创造，绊兽索的木棍实际上是手臂的一种延长，两种工具都是对线速度的一种有效利用。

三、石镞的发明和弓箭的使用

在我国境内的旧石器文化中，石镞约始见于旧石器时代晚期，见于报道的主要有峙峪遗址[13]和下川遗址[14]等处。1963年，山西峙峪出土石镞1枚，用薄而长的燧石石片制成，尖端锋利；镞身一侧边缘进行过精细加工，另一侧保持了石片原来的锋利边缘，唯近尖端处稍经修理，底端的左右两侧均经修理而变窄，状似短短的镞程[13]。下川遗址出土石镞13件，包括圆底镞和尖底镞两类。尖端犀利，两边出刃，底端较薄，与新石器时代的细石器文化中的圆底镞基本一致[14]。此外，据步日耶的描述和鉴定，水洞沟和萨拉乌苏河遗址也发现过石镞[13]。

人类最早的远距离攻击大约是以投掷石块、木棒来实现的。当他们发现了竹木之材具有一定弹性后，便逐渐发明了弓箭。石镞的发现，是人类利用弹力，使用弓箭的有力证据，是人类历史上的又一项重大技术创造。

当然，从技术发展规律和有关实物资料、文献资料看，在石镞之前，人们很可能还使用过竹、木、角质之镞；在使用弓箭前，很可能还使用过弹弓；所以，人们利用弹力之始，很可能在石镞出现之前。但据记载和考古资料，弹力的利用却属于新石器时代。《周易·系辞下第八》说，黄帝、尧、舜“弦木为弧，剡木为矢”，这是古人曾以木为矢的例证。《世本》（雷学淇校辑）云:“夷牟作矢，挥作弓。”宋衷曰:“夷牟、挥，皆黄帝臣也。”与《周易》所述有些相近。新石器时代的河姆渡文化一期（最下层）① 出有骨镞1079件、二期267件、三期33件；一期出有木矛42件、二期1件，有的木矛便状如镞[22][23]，罗家角遗址出土有木镞[24]，这都是较好的例证。弹弓在早期考古发掘中尚未看到，《吴越春秋·勾践阴谋外传》载陈音云:“弩生于弓，弓生于弹。”即是说，弩晚于弓箭，弓箭晚于弹弓。陈音之说与技术发展的一般规律是相符的。

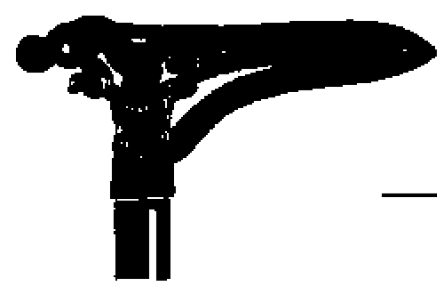
四、装柄工具的出现

装柄工具，考古界习谓之复合工具，主要指装了柄的细小石器。

旧石器时代早中期，一般工具是没有把柄的，人们直接以手把握石器；及至旧石器时代晚期，情况就发生了变化。1963年，峙峪遗址出土一件钺形小石刀，质地为半透明水晶，石刀一侧呈新月形锋刃，宽约3厘米，另一侧凸起，以便嵌入柄内，此凸起部分的两侧见有修理痕迹，顶端也经过了加工，器形周正。全器加工精细、小巧美观。这是我国所见较早、且较为规整的一件装柄工具[13]。此外，河北阳原虎头梁出土的尖状器中，有学者认为有的很可能是装了柄的投射头[25]。下川遗址出土过一种琢背小刀，背部修整得较为平齐，薄刃上有使用痕迹而缺乏第二次加工，纵剖面呈楔形，人们推测，它也是嵌于木（骨）柄上使用的。

---

① 河姆渡遗址自下至上，计分4个文化层，经测定，第四层约距今7000~6500年，第三层约距今6500~6000年，第二层约距今6000~5600年，第一层约距今5600~5300年；河姆渡文化自下至上，亦相应地分作4个文化期，即分别为第一、二、三、四期。第一期为第四层（最下层）。



此外，海城小孤山出土过一件鹿骨质的鱼叉，表面有锯、切、削、刮等痕迹。两侧有倒刺，根部作了修理，大约这是为了便于装柄和固定[17]。不过这类装柄工具在当时还不太常见。

器柄无疑是人手的延长和加强，它增大了力矩，改善了把持条件，对于提高工效具有十分重要的意义。新石器时代之后，各种各样的装柄技术都进一步推广开来，复合工具在细石器文化中发展得尤为充分，甘肃永昌鸳鸯池等新石器遗址中亦发现过一种在骨刀等上镶嵌细小石片的复合工具[26]，各种安装痕迹都十分清晰。

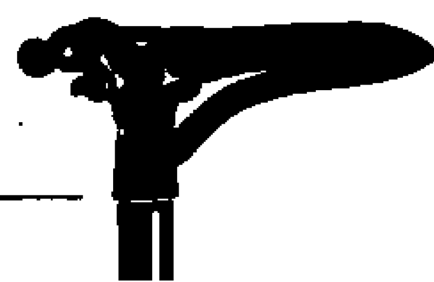
五、骨角器的使用和磨光、穿孔技术的发明

原始人对骨器的使用约可上推到旧石器时代早期，元谋人化石层位的骨片上见有清晰的人工切削痕迹，很可能是准备用来制作骨器的[9]，北京人遗址已有明显的骨角器出土，种类有刀形或尖形器、骨锤、角锤等。旧石器时代中期，随着狩猎经济的发展和加工技术的提高，骨器制造和使用日益普遍起来。如许家窑，所出骨角器便甚多，种类有铲式工具、尖状器、刮削器等，其中一件三棱尖状器最值得注意，其器身下部从骨料的髓腔向骨面左右各打有一个缺口，人们推测，这很可能是用来捆绑木柄的，加工方法皆系打制[12]。旧石器时代晚期，这技术便进一步推广开来，不但一般性骨、角生产工具继续沿用，更为重要的是还出现了磨光和钻孔的骨角器。

在旧石器时代，磨光和穿孔技术还使用得很少，主要用在部分骨器和石器上，多是小型生产工具和饰器，少数形制稍大。

磨制的骨质生产工具主要是骨锥和骨针。出土过骨锥的旧石器时代遗址有：辽宁营口金牛山上层、广西柳州白莲洞、贵州义兴猫猫洞、辽宁海城小孤山、宁夏灵武水洞沟等地；骨针出土地点有：辽宁小孤山、柳州白莲洞、北京山顶洞等。骨针多有鼻孔，显然是用一件尖锐的利器挖成。山顶洞还出土过一件赤鹿角，表面也经过了刮磨[27][28]。

磨制的装饰器种类较多，而且也经常是钻了孔的。2005 年，人们在清理周口店博物馆化石时，发现两颗山顶洞人时期的动物牙齿化石，其上带有上大下小的孔洞。峙峪出土的石墨质椭圆形装饰器，大如鹅卵，两面扁平，一面和边缘磨得较光，另一面较为粗糙；由一面钻孔[13]，以作提系之用。河北阳原县虎头梁出土装饰品 13 件，包括穿孔贝壳、钻孔石珠、鸵鸟蛋皮和鸟骨制成的扁珠等，使用的技术有磨光、磨孔、两面对钻圆孔等技术[25]。水洞沟出土过驼鸟皮的穿孔装饰品，边缘均经磨制。辽宁海城小孤山出土一批精制的骨制品，包括骨锥 1 件、骨针 3 件，以及钻孔牙齿、钻贝壳等饰器，后三者的孔洞都是两面对穿的。辽宁海城营口金牛山旧石器文化有早、晚两期，晚期除磨制骨锥外，还有穿孔尾椎骨饰器[29]。山顶洞出土有钻孔小石珠、钻孔石坠等。磨光及钻孔在原始石器加工中是具有划时代意义的重大事件，新石器时代的先进石器技术便是在此基础上产生出来的。曾有学者把磨光和非磨光石器作为区别新、旧石器时代的主要标志，虽这未必能够成立，但这也在一定程度上反映了这一技术的重要性。关于穿孔的具体操作，后面还要谈到。



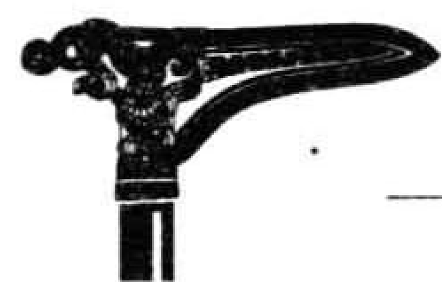
六、摩擦取火

人类用火的历史应可上推到旧石器时代早期，西侯度遗址出土过烧骨，元谋人遗址出土过烧骨和大量炭屑，说明人类用火的历史至少可上推到180万年前。至迟北京人时期，便具备了控制火、保存火的能力。北京人洞穴遗址从上至下包括13层文化堆积面，其中有四层文化堆积最大，都有很厚的灰烬，自上往下，此四层的情况分别为：（1）第三文化层灰烬，计两堆。（2）第四文化层灰烬，最厚处达6米，这些灰烬皆成堆叠置，积灰的层次分明，其中还埋藏有烧石和烧骨。（3）第八至第九文化层之间的灰烬，最厚处可达4米。（4）第十文化层下部灰烬，厚约1米。这种厚大的灰烬堆积充分说明北京人已初步学会了保存火、控制火的技术。年代与此相当和稍后的许多旧石器时代遗址中，同样也发现过用火遗迹。属旧石器时代早期的如安徽和县龙潭洞，出土有烧过了的头骨、牙齿，以及灰烬；辽宁大石桥金牛山下层，出土有烧土块、灰烬、炭粒、烧骨等零散的火烧痕迹。属旧石器时代中期的如北京周口店新洞人遗址，出土有灰烬层和动物烧骨，灰烬层最厚处达1米左右；辽宁喀左鸽子洞遗址，灰烬层中包含有烧骨、木炭、烧木块和石块。旧石器时代晚期的如峙峪遗址，其灰烬、石器、烧石、动物化石都密集地成层共存；河北阳原县虎头梁发现有三处篝火遗址，其中有炭粒、烧骨等物；四川汉源县富林镇遗址，发现有木炭、灰烬、烧骨等物。当然，使用了火，一定程度上保存和控制了火，还不能肯定是否掌握了人工取火的技术，但从大量发掘资料以及有关文献资料看，把人工取火的历史上推到旧石器时代晚期及至中期大概是不会错的。

我国古代关于人工取火的记载较早，且较多，主要方式是钻木和错木（竹），其实都是摩擦取火。《韩非子·五蠹》说：上古之世，“民食果蓏，腥臊恶臭而伤害腹胃，民多疾病，有圣人作钻燧取火，以化腥臊，而民说之，使王天下，号之曰燧人氏”。此“钻燧取火”即钻木燧取火，也即钻木取火；因依《礼记·内则》所云：燧分金燧和木燧两种，金燧即是阳燧，是不能钻的。《太平御览》卷八六九引《河图挺佐辅》说：“伏牺禅于伯牛，错木作火。”燧人氏、伏牺氏均为原始社会传说中人。类似的记载还有一些，《礼记·内则》、《史记·孙武列传》、《淮南子·说林训》、《易林》等都谈到过钻木取火的事；《庄子·外物篇》、《淮南子·原道训》、《关尹子·五鉴》、《物理小识》等都谈到过错木（或钻木）取火。《庄子》“外物”篇载：“木与木相摩则然。”《淮南子》卷一“原道训”：“两木相摩而然，金火相守而流。”20世纪后期，在新疆[30][31]、甘肃[32]等地还发现过多件春秋战国及汉晋间钻木取火用具（图1-1-1）。

据调查，原始的摩擦取火法直到近现代仍在我国云南、海南岛地区[32]~[36]保存着，有的地区直到20世纪中期仍在使用，基本操作形式亦是钻木、错木（竹），以及各种形式的摩擦取火。基本操作约分两步：一是制备火具，二是钻错取火。

海南黎族钻木取火所用“火具”原是一种名叫“山麻木”的植物，五指山地区遍地都有生长，表皮可纺织，木杆可以取火。火具制备过程可分三步：（1）取一根山麻木加工成扁平状，作为钻穴板；再折一根山麻木作钻杆。（2）在钻穴板上刻出较浅的凹穴，作为钻穴，其位置要尽量地靠近边缘。（3）在钻穴边缘向外



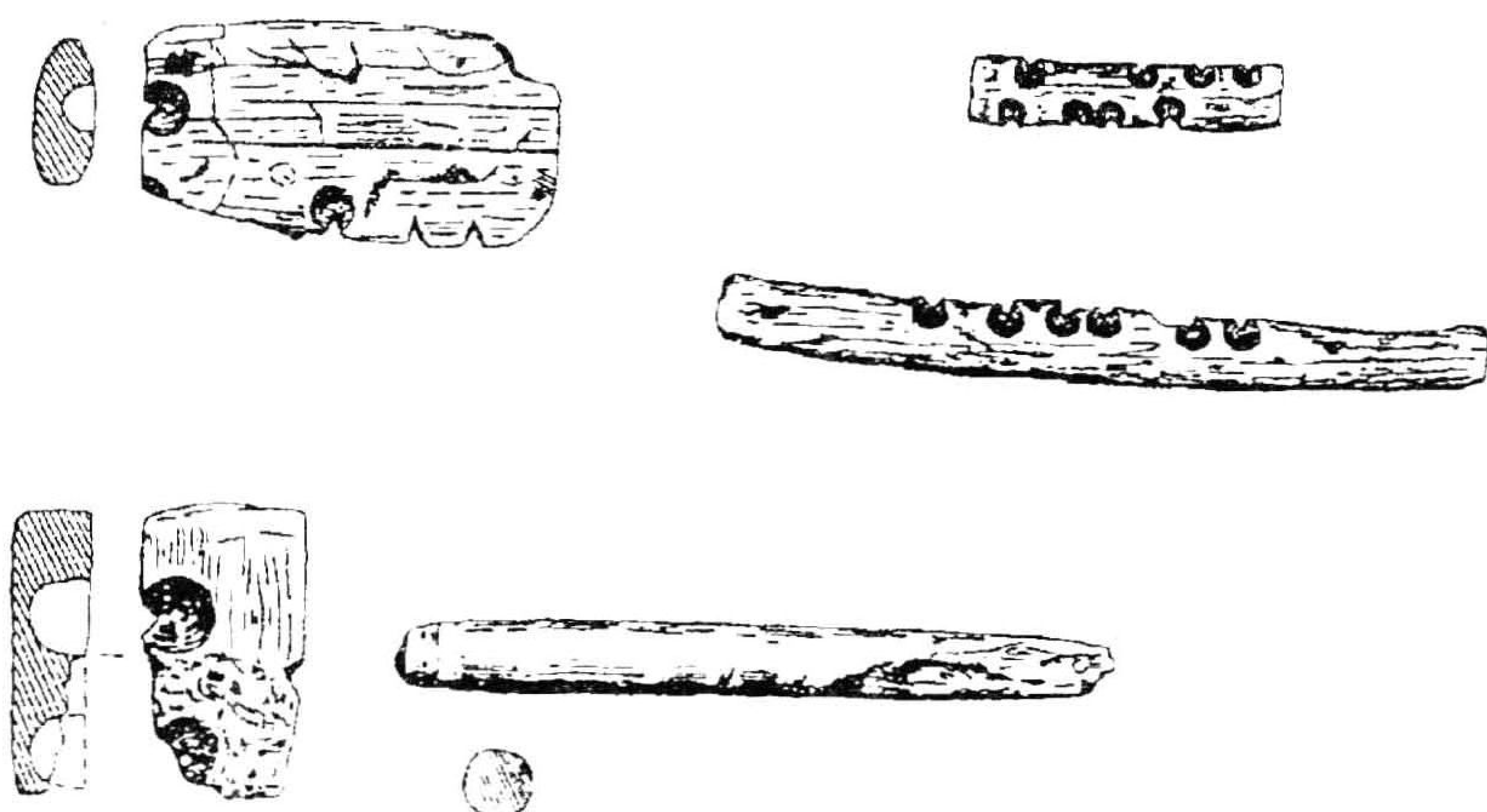


图 1－1－1　新疆先秦至汉晋钻木取火工具

左上　1977 年帕米尔高原塔什库尔干县春秋战国墓出土

右上　1976～1978 年托克逊阿拉沟春秋战国墓出土

下　1948 年苏联考古队在东帕米尔公元前五世纪至前四世纪的墓葬出土

采自文献[30]

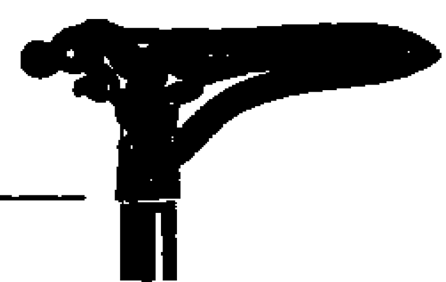
刻出一个缺口，作为“飞火口”。钻火过程是：先把钻穴板平放于地，用双脚踩压固定，然后把钻杆的一端插入钻穴，双手用力搓动棍子，急速回旋。钻杆与钻穴因摩擦而产生的细碎木屑经由飞火口飞出，并堆积在其近旁。再继续搓动钻杆，就会因摩擦而生热，而由飞火口处飞出火星。火星将口外木屑点着，瞬息间便有轻烟升起。将此火引至事先准备好了的干柴上，取火便告完毕。制备钻穴所用工具，近代用铁刀，更早用石器。

云南西盟佤族钻木取火法与此大体相同，具体操作又有两种，一种钻穴由所谓“阿由木”的树干做成，同样要挖出钻穴和飞火口来，钻穴内塞以火草；另取一根较硬的木棒或竹棒置于小孔中又快又稳地搓转，即可摩擦生热并发出火花，随之将穴内火草点燃。另一种的钻穴板由称之为“蒿子”的植物做成，先将干茎削平，后平放于地，下垫以火草，无需事先挖出钻穴。取火时，取硬木棒向蒿子中心钻去，通常是蒿子被钻穿时便可生出火花。落下的火花正好将蒿子下面的火草点着。此法近现代已经很少使用，通常只用于火灾后驱送鬼神的仪式中。

错木（竹）取火主要保存在云南苦聪人[34]、景颇族，以及西盟佤族中，具体操作较钻木取火法来得简单。

苦聪人错竹取火的基本操作是把两片白竹对摩。白竹为本地所产，先把它劈开，取一作底片，其上刻出一个凹槽；另一为上片，需削成刀状。错摩操作常由两人协作进行；每人一手执底片，一手执上片，不断地往复摩擦，便可生出火花，并将预先置于白竹片下的干芭蕉根点着。直至 1957 年时，苦聪人仍在原始森林中沿用此法。

景颇族取火的基本操作是把一个竹筒与一根竹片对摩。先将竹片下插入地，



后取一竹筒（或合在一起的两块竹片）刻出凹槽来，内盛火草等引火物。将凹槽对准地下竹片刃部错摩，迸出的火花便可将引火草点着。错摩操作原需一人，但需多人在旁扶植竹片，并准备随时换班，有时要连续换人多次才得火星出现。此法在20世纪中期已很少使用，唯部分地区在刀耕火种的烧山仪式中，需用传统方法取火，并由一老者先行点火烧山。

西盟佤族错木（竹）取火的基本操作是用一根竹片在一种叫"阿由木"的树槽中错摩。先取一段阿由木树，后在其上纵刻一个凹槽，槽深须达树干中心。一人执竹片置凹槽中来回摩擦，另一人两手各执一小团火草置于凹槽两端，迸出的火花便可将火草点燃。此法在20世纪中期已经很少使用，与该族的钻木取火同样，只保留在火灾后的送鬼神仪式中。

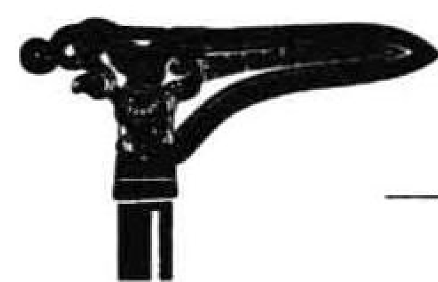
除了钻木和错木（竹）取火外，云南还有一种压击取火，以及藤条锯木取火。

压击取火法主要流行于云南景颇族、傣族、布朗族和哈尼族中。取火工具包括两部分，一是圆柱形压击筒，长约8.0厘米，一端封闭，一端开有压击孔；二是大小与压击孔相应的压击杆，长约10厘米。前端有凹槽，后端有圆柄。取火时，先在压击杆一端的凹槽内放好艾绒，将压击杆对准压孔并稍入孔内，之后用手猛击杆柄。由于杆与筒的剧烈摩擦，温度上升，发火而将艾绒点着，拔出压击杆即可取出火来。此法操作简单，效率亦较高。

藤条锯木取火主要流行于云南佤族中，取火工具主要是一根木棒，一根藤条或竹条。先将木棒一端劈成十字形裂口，裂口处各夹进一个木楔，以作通风、干燥和存放艾绒引火用。在木棒的裂口一端砍出一条横向浅槽，作为藤条"锯"木用。取火时，将木棒放在地上，裂口一端垫起，令横槽向下；一脚踩着木棒，把藤条（或竹条）从木棒横槽下绕过，两手分别捏住藤条的两端，往复锯摩，使之与木棒反复摩擦，因而生热、发火，将艾绒点着（图1-1-2）[35][36]。

这是保留至今的几种原始取火法，此外还有一些，不再一一介绍。这钻木取火法的火具与新疆发掘出来的春秋战国火具基本一致，显然都是一种比较成熟了的形态；尤其是飞火口的制作，既有利于排出摩擦产生出来的细碎木屑，又有助于火花集中喷射，并将已经发热了的木屑点燃。从有关资料看，人类早期很可能还使用过击石取火，在欧洲，它是旧石器时代晚期出现的；我国文献的有关记载约属汉唐时期，云南苦聪人亦曾使用；但在我国境内，原始社会是否曾经使用，也是需要探讨的。

不论钻木取火，还是错木（竹）取火，都是把摩擦这样一种机械能转变成了热能，当热量集中达到了着火点后，就会喷发出火花来。摩擦取火的发明是人类改造自然的第一次伟大胜利。有了火，才有了烹饪，才使人类的智力和体质得到了增强；有了火才有了刀耕火种，以及制陶、冶金等多项生产技术。钻木取火、错木（竹）取火等法的发明，也是先民们在无意之中，对能量转换定律的一次较早运用。



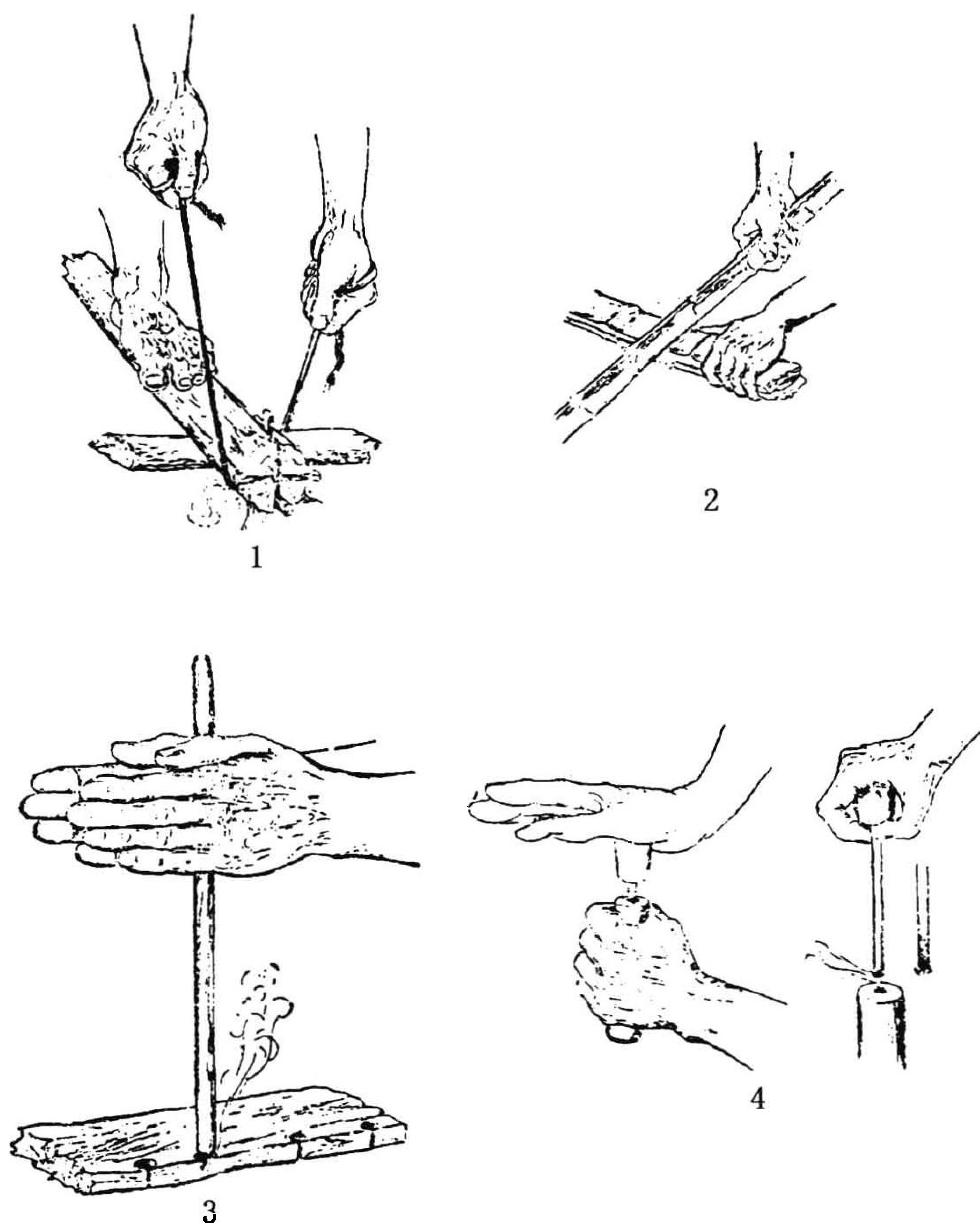


图1－1－2　云南和海南岛地区20世纪的摩擦取火

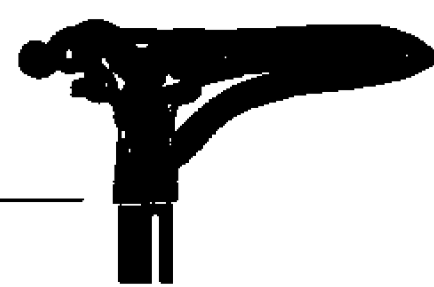
1. 佤族的摩擦取火　　2. 苦聪人的锯竹取火

3. 黎族的钻木取火　　4. 景颇族的压击取火

采自文献［36］

第二节　新石器时代石器加工技术的发展

新石器时代的石器加工，在生产规模、组织管理，以及操作技术上，都有了很大的提高。目前所见旧石器时代采石场只有呼和浩特大窑等少数遗址，新石器时代的石器加工场则在怀仁鹅毛口、南海西樵山、宜都红花套、枝江马家溪等处都有发现，而且往往规模更大。这些地方都蕴藏着丰富的石料资源（天然砾石和可供开采的石料），并出土有制作石器的工作台面、工具和石片、废料和半成品，分工也更细。从西樵山石器制造场资料看，其工艺程序应包括：开采石料——打成毛坯——锤琢加工——磨制抛光；其洞内保存有大量灰烬、炭屑、脉岩鳞片、烧石，洞壁上保存有火烧、剥离的痕迹；遗址断代为新石器时代晚期，约与仰韶



文化相当[1]。

一般而言，从新石器时代早期到中期、晚期，石器加工技术是不断提高的，磨制和穿孔石器的使用量不断增加；这在同一遗址的不同文化层中表现得最为明显。如姜寨石斧，第一期文化出土150件，主要制法是打琢兼施；刃部磨光，通体磨光者极少，穿孔者更属个别；第二期出土46件，主要为磨制，打制者较少；第三期出土3件，皆通体磨光；第四期出土77件，多为磨制；第五期出土31件，磨制17件，打制14件[2]。又如山东境内各古文化遗址，北辛文化时仍保留着相当数量的打制石器，及至大汶口文化时，石质生产工具则几乎皆为磨制，许多器物通体磨光，圆润光洁，刃口犀利。

新石器时代的石器加工技术有了不少进步，许多考古工作者都做了大量研究，佟柱臣先生认为，仰韶、龙山文化的石器加工至少包括选料、打击、截断、琢治、砥磨、穿孔等项操作[3]，下面仅对其中较有特色的几项作一简单介绍，这对我们了解整个新石器时代的石器加工都有一定帮助。

一、选料技术

从大量考古资料看，此期选择石料的基本原则主要是两个方面：

1. 在品种上依据不同的资源条件，尽量选用既能满足使用性能要求，又便于加工成型的岩石。斧、锛类多选用硬度较高的石料，以利于砍伐；石刀多用解理能力较强者，以便于加工成型。如城背溪，石斧用玄武岩，刮削器多为石英石，少数为玄武岩[4][5]。又如半坡，石斧多用玄武岩、次为辉绿岩、辉长岩、石英、蛇纹岩；石铲多为石英岩、片麻岩；石锄多用辉长岩，次为玄武岩、石英岩[6]。大汶口，石刀多用紫色页岩和黄砂岩[7]。

2. 尽量选用外形与所需石器比较接近的石料，有时还利用旧残器，以减少加工量和节省加工时间。如石斧，往往选用长、宽皆较适宜的石块，刃部只稍作打击，其余部分保留原石皮。庙底沟出土了8件石斧，两面刃，刃呈椭圆形或近似圆形，皆由天然砾石磨制而成[8]。北辛一件石斧（H501:2），一面保留了原石皮，另一面是人工打击的破裂面；另一件石斧（H504:3）体宽而薄，两面均保留了原石皮[9]。又如石球：多用卵石打琢而成，如湖北王家岗一期石球等[10]。利用残器改制的实例有：北辛一件敲砸器（T605④:37）、一件石斧（H201:6）、一件盘状器（H701:15）等，皆用残石铲加工而成；北辛35件小石铲中，多数也是利用残石铲加工的。

石料来源大凡有两个不同的途径：

1. 就地取材。如磁山文化所用的闪长岩、透辉岩、方解石、硅化石灰岩、枚石、石英砂岩等，在河北南部及太行地区都是普遍存在的[11]。由于大自然的造化神功，有的石块已暴露于地表，遍地皆是，俯身可拾；有的虽埋藏于地下，亦可凿洞开采。南海西樵山遗址便发现了因长时期开采石料而凿成的洞穴[1]。

2. 通过交换等方式获得。主要是较为珍贵、性能较好的石料，如软玉、绿松石、黑曜石等。当然，普通石料也有外地运来的，如半坡遗址，经鉴定，所用岩石有玄武岩、砂岩、石英岩、辉绿岩、片麻岩等40种，但除片麻岩、石英岩等8种产于西安附近的翠华山、临潼，以及蓝田等地外，其余大部分都是产于关中以

外地区的。这说明半坡人的活动范围已较宽，与其他氏族的交换都已相当广泛。

二、截断技术

石材截断加工是相当费事的，有关实物也较少。从仅有的实例看，具体操作主要有两种不同类型：

1. 砥断。即从两面相对砥磨，所得砥槽上口是平直的，两端深度大体一致。北首岭一件石锛的石材、大汶口一件条状锛形器上都有这类砥痕。

2. 划断。所得砥槽中间深两端浅，如灰嘴龙山文化一件方形石斧[3]等。

不管是砥断还是划断，锯切到一定程度后，都可用敲击或手掰的方式折断，一些石器的断口上下端平直，中间留有断碴，便是很好的证明。半坡有三件锯切加工标本，锯槽皆呈“V”型。

截断所用工具，从民族学资料看约有两种：一是木片，用加砂锯磨法切开；二是砂石片，用往复多次的方式切开[6]。

此外，可能还有琢窝打击法，即依岩石纹理，先在石块上用琢窝法琢出器物雏形，然后再打击石块，使石块沿着琢窝排列方式开裂。这种石坯上不见砥断、划断的痕迹。火成岩有定向纹理面，沉积岩有层理面，变质岩有片理面。有关实例曾在湖北宜都红花套遗址看到①。

三、琢

琢法即今石工所谓“打点”或“刺点”。《尔雅·释器》云:“雕谓之琢。”其主要用于质地较为致密坚硬的石料，多用于补充磨光器或打制器在制作上之不足，纯粹的琢制器物是很少的。用琢法作补充修饰的石器约有三种情况：（1）在打制石器中，可用琢法加工其表面上的不平处，使其致平。（2）在磨制石器中，有的器物唯刃部磨光，余部皆用琢法修整。（3）穿孔时可用琢法[6]，这在下面还要谈到。半坡遗址纯琢器有锤头、斧、锛等。据统计，半坡遗址大约五分之四左右的石斧，都经过了琢法修饰。

琢的具体操作约有三种不同类型：

1. 上下直琢。所产生的点窝圆且深，直径大略相等，分布亦较均匀。一般石器表面上普遍采用此法。如三里桥一件梯形斜弧刃石斧（T102:02）等[3]。

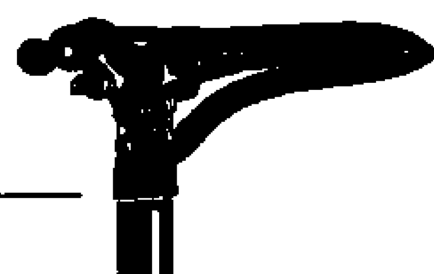
2. 保棱琢法。石器棱角部分是不能用上下直琢的，须从棱角两侧向不同方向分琢开去，这类点窝一般斜且长，上部深而下部浅，如西乾沟一件梯形斜刃石斧上所见等。

3. 分层琢法。即分层下琢，可起到找平作用。

琢制加工之精粗及其所用工具种类，都常与所需器物形制有关。小器多用细琢法，大器多用粗琢法。从琢痕来看，半坡遗址使用过的工具约有三种：一种大约是硬质石凿，琢痕点子较粗，棱角不规则，多用于粗大器物。第二种似是尖利的石块，它原非专用琢具，具体做法是在已打成的雏形上撞击，故其痕迹更为粗大。第三种似是体形稍小而又较犀利的工具，琢点小而柔和，琢法稍见缓慢[6]。

---

① 红花套遗址曾于1973年至1976年发掘，但发掘报告未曾看到。前此的高仲达《宜都甘家河新石器时代遗址》（《考古》1965年第1期）一文未曾谈及此事。琢窝打击法是承李文杰先生惠告的。



四、磨

石器磨制技术虽旧石器时代晚期便已发明，但却是新石器时代才兴盛起来的，且是新石器时代石器加工的一种重要方法，多用于质地坚硬的石料加工。

石器砥磨约包括全磨和局部磨两种，使用情况主要与时间之早晚，以及器物形制有关。从时间上看，前期局部磨较多，后期全磨较多；从器物种类看，锥等小件一般都用全磨，小型的锛、凿、斧也多用全磨，大器多用局部磨；从部位看，局部磨主要施于刃部和柄部，一些大型石斧甚至只磨光了刃部。

砥磨的具体操作约有两种：一是纵砥，砥痕方向与石器长度方向平行，条痕一般较长；石锛侧面，石铲两面，石镞边锋常用此法。二是横砥，砥痕方向与石器长轴直交，砥痕一般较短。石刀、石镰刃部常用此法。

砥石（砺石），砂岩，许多遗址都有发现，大型石器多用固定式砥石，砥磨方向多较一致；砥痕较长且彼此平行。小型工具多用活动式砥石，砥痕较短且较零乱。

有一点值得注意的是磨制技术并不是单独使用的，不管全磨还是局部磨，都是石器一系列加工的最后工序；此前需先做出雏形，并经仔细加工和琢制，最后才是磨光，所以磨制是制石技术最高和最为完整的阶段。

五、作孔

与磨光同样，此技术也发明于旧石器时代晚期，也是新石器时代之后才兴盛的。从有关资料看，它约有五种不同的操作[3]：

1．钻孔，所得之孔常呈漏斗状。常用两面钻孔法，特点是外孔和内孔都是较圆的，外孔周围并无琢点。作钻头的石质一般较坚，被钻的石料一般较软。1998年，安徽含山凌家滩新石器时代晚期遗址出土一件螺丝钉形石质钻头，涧西出土过一件穿孔石斧（T4H4）[3]。

2．先琢后钻，即先从两面琢成不曾穿透的圆坑，后再用钻头钻通。所成之外孔是不规则的圆形，周边且有琢痕，内孔为规则的圆形，如客省庄一件长方形石刀等，半坡遗址也有此类实例。

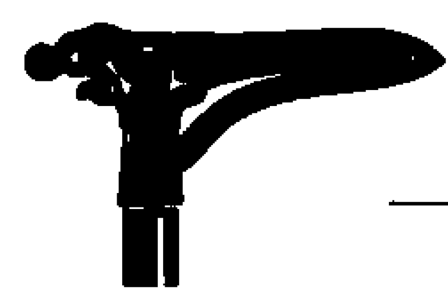
3．管钻，从民族学资料看，做法是用竹、骨质的管状物加沙蘸水旋研，所得之孔一般较直，周壁上留有明显的旋转纹痕迹。薄壁器可由一面钻透，如半坡一件纺轮等[6]，稍厚的器物可从两面施钻，大汶口石器穿孔多用此法。山东潍坊姚官庄龙山文化遗址还出土一件管钻遗留下来的石芯，直径达1.6厘米[12]。

4．琢孔，主要用在大型器物上，孔内孔外都可看到明显的琢痕，大汶口有小部分器物曾用此法。

5．划孔或者先划后钻，即用尖状石器往复刻划，常产生一个棱形窄槽，槽底可划出孔洞，有时也可再钻一下。

实际上，这些方法人们往往是穿插使用的，如庙底沟龙山文化“3B”型石刀计18件，有三种穿孔法：（1）两面对钻，计10件；（2）两面用凹槽划透，或者再在划沟中穿孔，计5件；（3）单面钻，3件[8]。山西芮城西王村仰韶文化遗址计出土石刀3件，穿孔法分为两面对穿和先划（磨）后穿两种。

作孔工具种类较多，其中大家较为注意的是石钻，郑州林山砦等地曾有出土，但考古发掘中所见较少。山东姚官庄龙山文化曾出土一件石锥，大凡只能穿凿较



软的东西。

这是石器加工技术的一般情况。关于打制技术，本章第一节“旧石器时代”部分曾经谈及，它在新石器时代又有一定的进步，不再介绍。在上述石器技术中，尤其值得注意的是磨光和穿孔，它们的发明，是两项具有革命意义的重大事件，对农业、手工业、建筑业都产生了难以估量的影响。石器磨光后，不但外形规整，使用轻便，而且刃部更为锋利，极大地改善了它们的使用性能。石器穿孔后，便于捆绑于柄；加柄后，一是便于把持，二是加大了力矩，从而提高了劳动工效。磨光和穿孔实际上都是随着农业、建筑业等的发明而逐渐兴起的。农业需要伐木垦荒，便需要锋利并便于把持的石斧和石铲；建筑业需要伐木、断木、平木，亦需要锋利并便于把持的石斧和石锛，这都极大地促进了磨光、穿孔技术的发展。

六、关于玉器加工技术

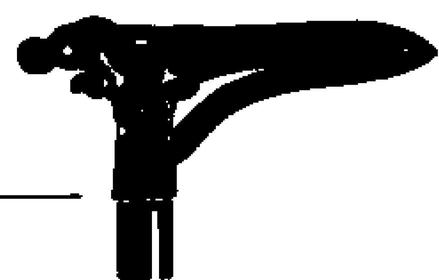
古代世界的许多原始民族大凡都曾用玉，但却没有哪个民族像我们中华民族这样，对玉器如此偏爱。先人们最初把它作为生产工具和一般饰器，后来竟用它作为祭祀用品、区别等级、充作信物，甚至还赋予了一种道德观念。因有感于玉器在中国古代文化中的特殊地位，有学者还提出了“玉器时代”的概念[13]。古人似乎也有过与“玉器时代”相似的说法。汉袁康《越绝书·外传·记宝剑》载风胡子云:“轩辕、神农、赫胥之时，以石为兵。”“黄帝之时，以玉为兵。”“禹穴之时，以铜为兵。”“当此之时，作铁为兵。”当然，“玉器时代”之说法未必十分严格，因“玉”也是一种石，《说文解字》云:“玉，石之美有五德者”。所以我们以为“玉器时代”依然属于石器时代，治玉工艺亦未超出了治石工艺的范围①。

我国古代治玉技术约发明于新石器时代中期，首见于距今约7600~8000年的辽西查海文化。长江下游的河姆渡遗址第四期出土了约20多件石质装饰品，其中有玦11件、珠7件，两者皆多为石英和萤石质；又有璜4件、管6件，两者皆玛瑙质，多数钻孔；这些石质装饰器唯质地稍差②，制作较为粗糙[14]。公元前四千年之后，许多新石器文化，如黄河中游的仰韶文化、黄河下游的大汶口文化、长江中游的大溪文化、西辽河的红山文化等，都使用起玉来，技术上也有了提高。据20世纪80年代后期的一个统计资料，在考古发掘中，属于公元前4000~前1500年间的玉器出土地点已达60处[15]。

从大量考古资料看，我国史前玉器大体上可划分为以长江下游和辽西地区为中心的南、北两大体系[16]。长江下游玉器由马家浜文化经崧泽文化到良渚文化，整个脉络十分清楚，其中又以太湖地区的遗存最为密集。马家浜文化主要流行玦、璜、璧、坠等造型单一的小件饰器；崧泽时期，造型向多样化发展，并一扫朴实无华的作风，出现了神面图像、云雷纹、鸟纹等图案等；良渚玉器以大型的玉琮、玉璧、玉钺、冠状饰等礼仪器最为典型。江苏吴县草鞋山出土8件玉琮，最大者高18.4厘米、宽7.7厘米、直径4.5厘米。常州武进寺1982年出土玉斧3件、玉璧

① 治，治理。治玉，治理玉、加工玉。前面说到的“琢治”，此说到的“治石”，后文说到的“治骨”，都是同一意思。宋应星《天工开物》卷十有“治铁”、“治铜”，实即加工铁、加工铜。“制”则是制造，今人常说的“制铁”，是指制造铁、冶炼铁。

② 早期发掘报告曾将河姆渡文化第四期的管、珠定为玉，见《考古学报》1978年第1期。



25件、玉琮33件、玉镯3件等；最大的一件玉琮高33.5厘米，计13节。1994～1995年，其5号墓出土玉琮2件、玉璧1件、玉钺1件，玉璧直径达29厘米，系今见玉璧之最巨者[17]。良渚玉器出土数量也较大，1986年反山墓地两次清理11座墓葬，出土玉器1100多件（单件3200多件），其中大件的玉璧仅M23一座墓就出土了54件[18]。反山一件玉钺高17.9厘米、背宽14.4厘米、刃宽16.8厘米，厚却只有0.8厘米。1987年瑶山墓地清理了11座墓葬，出土各类玉器635件(组)[19]，数量是较多的。1998年，安徽含山县凌家滩新石器时代晚期遗址也出土了大批精美的玉器和石器，其中包括玉人、玉龙、玉璜、玉双虎璜、玉猪、玉镯、玉喇叭形饰、玉斧、玉铲等。此玉人体态匀称，饰以浅雕，是我国今见最早的人体玉雕。此玉喇叭形饰口径1.7厘米，高0.8厘米，厚仅为0.1厘米，切割得十分精确规整，真乃稀世之珍，距今约5000年[20]。辽西玉器在查海文化与红山文化之间虽然尚有一些缺环，但特色也是十分明显的：其多通体光素无纹，但寥寥数刀，便把人物刻画得栩栩如生，维妙维肖，十分传神；它不以博大取胜，而以精巧见长；其玉器有璧、环之类几何形体，又有鸟、虫、猪、龟等动物形体，在静态中充满活力；数量和种类虽比不得其他地区丰富，但以动物形象为主的佩饰群，却是独树一帜的。

我国史前玉器大体上可区分为"生产工具"型和饰器型两大类，因地域之异，各文化区的生产和使用情况是不太一样的。在北方，玉质"生产工具"往往占有一定比例，南方则多偏重饰器，玉质生产工具较少，而且这种特征从一开始就有反映。辽西兴隆洼文化遗址出土了不少玉器，种类有玦、匕形器、管、斧、锛等，年代与查海文化相当，距今约8000年左右[21]。年代稍后的，1959年，大汶口文化出土有两件精美的玉铲和一件玉凿，以及部分玉质石管[7]。山东曲阜西夏侯大汶口文化晚期11座墓葬所出玉器中，有斧、锛、铲，以及纺轮、镞形器等工具和少量的手镯、指环、管等饰物[15]。1976年陕西神木县石峁遗址出土玉器4件，其中有玉锛2件，玉铲1件[22]。有学者考察过多年来神木石峁龙山文化遗址出土的127件玉器，属锋刃器型的计76件，其中有刀38件（包括3件半成品）、多孔刀15件、铲2件、斧1件、钺8件、戚1件、戈3件，其余的为饰器和用器，计有牙璋28件、圭10件、圭形器1件、异形器2件、璧1件、璜11件、人头像1件、玉蚕1件、虎头纹饰1件、玉蝗1件、螳螂1件、玉料1件[23]。这些玉质生产工具中，有的可能仍然属实用器，有的则完全脱离了实用器的范围，而只具有象征性意义，这一点在兴隆洼玉斧、玉锛上表现得最为明显；有的质地较差，身部和刃部都留有使用痕迹，有的则质纯色正，磨制精巧，毫无使用过的迹象[21]。余杭瑶山所出土的635件玉器中，大约只有锥形器（58件）、纺轮（2件）、钺可算作生产工具型，其余都是饰器；反山所出土的1100多件玉器中，只有钺（5组）可算作"生产工具型"，其余亦皆饰器。南京市北阴阳营遗址所出土的283件玉玦、璜、管、珠、坠等玉器，均为装饰器[24]。吴县张陵山遗址出土的100多件玉器，绝大部分为饰片、镯、环、珠类饰物，仅有少数几件是穿了孔的玉斧[25]。

玉器加工显然是在石器加工基础上发展起来的，有学者在谈到良渚治玉工艺时说："良渚文化时期制造石器的工具，砥、砂、钻（实心、空心）亦可用以琢

玉。"[26]凌家滩玉器加工大致运用了切、割、凿、挖、钻、雕、磨、抛光等技术，其多用阴线刻，部分为浅浮雕、半圆雕[20]。玉较石坚，故治玉较治石更难，各项技术要求也就更高。

在制作粗坯时，玉器与石器有一点不同，即石器可以打制，玉器则一般都是切割的。后世的切玉法是利用一种转动的砣具，带动高硬度而颗粒十分细小的解玉砂（金刚砂类），以间接摩擦的方式来对玉材进行加工，所以玉器加工在取料时就需要介质参与。良渚玉器表面常有一些粗细、长短、深浅不一的阴线弦纹，难度极高的剔地阳纹、象纹、弧线纹、云雷纹、面纹等，虽细如丝发，却自然流畅，无不体现了高超的技艺。许多学者认为这其中相当一部分应是砣具加工出来的，故宫博物院珍藏一件浙江出土的玉璧，一个侧面残有明显的直线和圆弧形开料痕，便是个很好的证明[27]。我国古代关于治玉砣具的记载始见于明代的宋应星《天工开物》，但一般都认为它早在新石器时代便已发明。

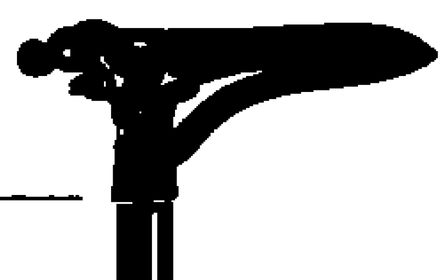
钻孔是玉器加工中广泛使用的一种工艺，始见于辽西兴隆洼文化时期[21]。凌家滩玉有的孔眼细如针眼[20]。从实物考察来看，新石器时代玉器的一些透孔，一些圆形或宽扁的未透卯眼，也都使用过钻具，有的钻具很可能是竹管。钻孔之法有单面钻和两面对钻两种；在良渚玉器中，不管厚度如何，多数都是对钻的；依此有人推测，当时很可能掌握了一种同时在两面钻进的管钻技术。其依据有二：一是钻孔两壁深度往往相等；二是即使钻孔错了位，其深度也往往是相应的[28]。

有学者认为，良渚玉钻孔时，很可能还使用了一种以手摇动而令其旋转的加工机构；福泉山出土过一件玉管，内壁密布了许多清晰细密、层层递进的旋螺纹[29]；不少良渚玉的大眼孔里，都见有沿同一方向旋转时留下的镗线（来福线）纹，有如螺旋口一般[27][30]，若无旋转式的加工机构，这种镗线是很难解释清楚的。金坛三星村马家浜文化出土一件大型石轮，外形与纺轮相似，直径20厘米，较为厚重，人们推测，它原装有木轴，是人们利用其转动惯性来加工玉石或钻孔用的[31]。还有学者通过偏光显微镜对凌家滩玉器作了观察，并发现了其用砣的痕迹，认为5300年前我国已使用了砣机[32]。

有学者认为，良渚玉器上有的细密阴纹是用硬质刀具徒手重复刻划出来的，如福泉山玉琮T4M6:21上布有类如小鸟眼睛一样的饰纹，细小若圆珠笔滚珠一般，在放大镜下，可看到它由许多重复刻划的短直线围成。但此种硬质工具是为何物，则有待进一步研究[29]。

七、关于骨角器加工技术

先民们在大量使用石器的同时，还大量地使用了骨角器。河姆渡文化一期（最下层）计出土石质生产工具357件，包括斧205件、锛33件、凿39件、砺石57件、石球4件、弹丸18件、纺轮1件等；出土骨角牙器1936件，其中有生产工具耜154件、镰形器9件、镞1097件、鱼镖2件、器柄4件、斧1件、凿138件、锥133件、钻1件、针61件、管形针41件、镞形器4件、梭形器5件、刀形器8件、柄形器斧3件等。三期出土石质生产工具88件，有斧11件、锛32件、凿8件、纺轮11件、刀3件、砺石18件、弹丸5件；出土骨角器49件，包括耜2件、镞33件、凿2件、锥3件、针2件、管1件、匕1件、珠1件、坠饰1件等[14]。



西安半坡共出土石质生产工具1342件，同时出土的骨质生产工具却为1468件，角质器100件。骨器主要有锥606件、镞282件、针281件、凿77件；角器主要有锥99件、矛1件。半坡所出土的针、凿全都是骨角质的[6]。大汶口出土有石质生产工具176件，同时出土的骨、角生产工具分别为219件和15件。其骨器主要有镞50件、锥43件、镖23件、针20件、匕20件、板13件、凿10件[7]。骨角器的优点是加工较石器容易，使用起来较为轻便。

骨角器加工一般包括四个工序：（1）选料。基本技术标准是材料强度适宜、外形与所需器物比较接近。（2）截断、劈分成条状或片状。（3）刮削，以成雏形。（4）砥磨。此外，有的器物还要穿孔和镂空。

细小光滑的骨针、骨锥等，通常是先把骨料锯成条状，后用刀子刮削，最后磨光；骨铲、骨凿、骨刀等大型工具则需先把长骨料劈成两半（或用肩胛骨），经刮削修治后再行磨光。圆形的锥子可用管状料制作，一端磨出圆形斜刃。平头凿和长方形铲可用长骨或管状骨经切割、劈分、砥磨而成。鱼钩、鱼叉、箭头等器制作精良，多用片状骨加工。骨器截割多用砥断法（或叫锉磨法）。与石器同样，骨器，以及木器的最后一道工序也是砥磨；在河姆渡，磨制的石器远较骨、木器为少。

骨器穿孔法至少有四种：

1. 挖孔。即用锋利的石块在骨、蚌器上挖出孔洞。如山顶洞人的骨针，庙底沟骨针（T235:11）等[3]。

2. 先挖后钻。所成之孔外扁内圆，如半坡骨针P. 125:21等。

3. 凿孔。所成之孔多作方形，如庙底沟鹿角槌（T97:03）等[3]。

4. 钻孔。有人认为孔洞可用圆钻直接钻出，如在半坡所见。但从模拟试验的情况看，钻孔时，打制锥更优于磨制锥[33]，一般认为，尤以专门打制的锋利的三棱状石锥为佳。

骨器加工工具常有锯、刀、钻、凿、磨石等，许多遗址都有出土。大汶口骨针粗细介于1.0～7.0毫米间，细小者已与今纳鞋底的大针相近[7]，可见新石器时代的砥磨、穿孔等骨器加工技术已达到较高水平。

第三节　原始的制陶技术

我国古代制陶技术约发明于14000～15000年前。依其发展状况，新石器时代①制陶术约可分为四个阶段：（1）发明期，即新石器时代早期。出土陶器较早的遗址主要有：桂林庙岩（^{14}C年代测定距今15000年以上）[1][2]、江西万年仙人洞

① 20世纪80年代后，人们对新石器时代的分期逐渐采用了一种新方法，许多学者早有论述，今亦从之。具体分法是：公元前12000～前7000年视为新石器时代早期、公元前7000～前5000年为中期，公元前5000～前3000年为晚期，公元前3000～前2000年为铜石并用时代。也有学者将公元前5000～前2000年皆视为新石器时代晚期。但这只能是大概划分，我国幅员辽阔，技术和社会的发展都是不平衡的；如公元前3000～前2000年时，黄河流域等大文化带已进入了铜石并用时代，长江下游一带则至今未发现此时期的铜器，便很难视为铜石并用时代。为此，本书也只好采用一种较为模糊的做法，在这一时期内，有的地方视为铜石并用时代，有的则仍称为新石器时代晚期。

和吊桶环（距今 14000 ~ 15000 年）[3]、湖南道县玉蟾岩（距今 14000 ~ 15000 年）[4]、河北徐水南庄头（距今 9700 ~ 10500 年）[5]、河北阳原于家沟（距今 1 万年以上）[6]、北京怀柔转年（距今 9200 ~ 9800 年）[7]、广西桂林甑皮岩下层和柳州鲤鱼嘴下层（距今 9000 年以上）[8]，其中出土陶片较多的是仙人洞和吊桶环，年代最早而器形完整的陶器是仙人洞陶罐[9]。（2）发展期，约相当于新石器时代中期。包括贾湖文化、裴李岗—磁山文化、大地湾一期等。新石器时代早期和中期陶器的基本特点是：数量和种类较少，器形较为简单；均为手制，往往使用贴片法；火候较低，质地松脆，或素或只有一些工艺性纹饰；非工艺性纹饰较少，习见有压印凹点纹、划纹、乳钉纹等。最初南、北皆用夹砂陶，稍后南方许多地方一度以夹炭陶为主；湖南岳阳坟山堡等处还发明了高镁质白陶[10]，湖南洪江高庙还发现了距今 7800 年的白陶。（3）成熟期，相当于新石器时代晚期，即与仰韶文化年代相当的诸考古学文化。此时制陶技术得到了较大发展，不但数量和种类急剧增加，而且从原料准备到成型加工①、表面装饰和烧造技术，都有了较大的进步。如原料方面，南方摈弃了羼炭技术，高镁低铁白陶有了增加；北方出现了高铝白陶。在成型工艺上，推广了泥条筑成法，此期还出现了快轮制陶；在装饰上，除了成型过程中制作的繁杂机械纹外，“陶衣”技术、彩陶技术等都得到了较为充分的发展；南、北许多地方都出现了较多的灰陶。（4）提高创新期，大体上相当于铜石并用时代，此期最为突出的成就是：许多地区推广了模制法，在山东龙山文化等许多地方推广了快轮制陶，生产了蛋壳陶，少数地方出现了原始青瓷。

新石器时代与旧石器时代的主要区别是：由完全依赖自然的赐予，发展到了创造性的生产。一般认为，新石器时代的主要成就是：出现了农业技术、制陶技术、纺织技术、冶金技术、原始机械技术、建筑技术等。制陶技术的发明，是人类改造自然的一项重要成果。

一、部分早期陶器的出土情况

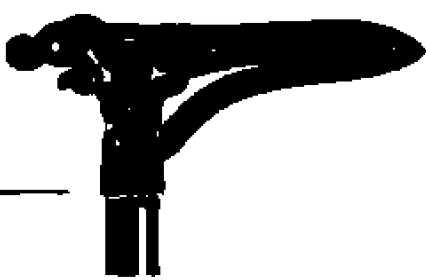
我国今见年代最早的陶器属新石器时代早期，其中一些遗址还包含有旧石器文化的背景，距今都在一万年至一万五千年左右。

1998 年，庙岩遗址出土了 5 件陶片。陶片呈灰褐色，素面，部分表面有烟炱，质地粗糙，吸水性强，胎内含有细石英颗粒和炭粒[1]。

1962 年、1964 年，江西万年仙人洞两次发掘，其下层第一次出土陶片 90 余件，皆夹砂红陶，质地较粗，羼有大小不等的石英粒；第二次 298 片，亦皆夹砂红陶[9]。20 世纪 90 年代又进行了一次发掘，出土陶器 800 多片，多呈灰黑色、土黄色或棕褐色；这种颜色很可能与烧造过程中的氧化气氛和烟尘附着及渗入有关。第 4 ~ 2 层陶片结构较为疏松，一般含有较多大小不一的砂质颗粒[9]。

1993 年、1995 年，湖南道县玉蟾岩进行了两次发掘，均发现有原始陶片，经

① 成型，亦作成形。“型”当指铸型、模型，依模型而制者谓成型，无模型而制者谓成形。然而自古“形”、“型”相通。《左传》昭公十二年：“形民之力。”杜预注：“言国之用民，当随其力任，如金冶之器，随器而制形，故言形民之力。”孔颖达疏：“随器而制形者，铸冶之家将作器而制其模谓之为形。”此“形”实指型。为简便起见，不管有模无模，本书皆写作成型。又，此两段文献中都用到了一个“制”字（见《十三经注疏》，中华书局），显然，都是制造的意思。



修复的一件为深腹尖底罐，胎厚近2厘米，夹炭，并夹有大颗粒石英砂，用贴塑法成型[4]。

1986～1987年，徐水南庄头两次试掘，计出土碎陶15片，其中夹砂深灰陶12片、夹云母褐陶1片、夹砂红陶1片、夹砂红褐陶1片。胎厚0.8～1.0厘米，火候较低，质地疏松，能确知器形者似为罐类[11]；1997年又掘得40余片，均系夹砂陶，色灰或褐，质地疏松，器形有平底直口或微折沿的罐等[12]。

这些大约都属世界上最早的陶器之一。日本陶器也是较早的，据说在长野县下茂内和鹿儿岛县简仙山都出土过公元前一万三四千年的陶片，但后者的烧成温度大约只有400℃～500℃，尚未成陶，系名副其实的土器。此外，俄罗斯远东地区的部分遗址也出土过公元前一万年前的陶片，蒙古也出土过公元前一万年左右的陶片。

年代稍后的遗址，如1965年对桂林甑皮岩下层试掘，出土陶片921件，器形有罐、釜、钵、瓮等，及少数三足器。红陶和灰陶两个陶系，其中包括夹砂红陶671片、泥质红陶8片、夹砂灰陶233片、泥质灰陶9片。夹砂陶之砂为粗细不均的石英粒，火候较低；饰纹多为粗细不同的绳纹，以及少量席纹和划纹；器壁较厚，达2.6厘米。泥质陶质地稍细，较薄，火候稍高，饰纹有细绳纹和划纹等；最薄的为0.3厘米[13]。

一般认为制陶技术应产生于农业之后，但从现有考古资料看，我国最早出土陶器的许多地方其时都没有农业。徐水南庄头虽出土有石磨盘、磨棒等谷物加工工具，有了狗、猪等家畜和陶器，发现了不少野生的种子，却不见粟等栽培作物[11]。看来，各地的情况稍有不同，陶器可以在农业出现稍前产生，也可以农业出现稍后才产生。今见最早的栽培稻始见于湖南道县玉蟾岩、江西仙人洞和吊桶环。

一般认为，陶器之发明应是多中心的，它是人类历史发展过程中的必然产物。在中国，乃至全世界都是这样。

陶器是人类利用高温物理化学变化，并使之为自己服务的一项杰出成就。人们在制作石器时，只改变了石头的外部形态，而不曾改变它的本质；陶器则不然，它以粘土为原料，既改变了自然物的外部形态，更为重要的是改变了它的本质。此外，陶器的出现，还在物理、化学知识和高温技术上，为冶金术、制瓷术的产生打下了良好的基础。人类发明火之后，虽开始用烧烤的方式获得了部分熟食，但还是要经常生食的；陶器发明后，人类的“熟食”才有了确切的保证。罗泌《路史》云：圣人“于是大埏埴以为器，而人寿”。说的正是此意。此“埏埴”即制陶。《荀子·性恶》“埏埴而为器”注云：“埏，击也，埴，粘土也，击粘土而成器。”

二、胎料的选择和加工

我国新石器时代的制陶原料主要有两种，一是陶土，其中主要是普通易熔粘土，另有少量高镁质易熔粘土、高铝质粘土和高硅质粘土；二是羼和料，主要是砂粒、植物炭，以及少量的云母、蚌壳、滑石等。前者是基本的，后者则是为改善陶土的加工和烧造性能而加入的辅助用料。依照这些原料之不同，新石器时代陶器又可区分为泥质陶、夹砂陶、夹炭陶，以及白陶；此白陶又包括高镁白陶、高铝白陶、高硅白陶三种。最早的陶器大约是使用未经选择的粘土制成的；因纯粘土之陶器成型稍难，且不耐高温，经过一段时间实践后，便逐渐掌握了陶土选

择、羼入砂粒或“植物炭”等一系列技术。此两个阶段的交替期已经很难分辨，1962 年、1964 年发掘的万年仙人洞原始陶器，皆羼有大小不等的石英砂粒，有的粒度达 1 厘米 ×0.5 厘米，当系有意加人。到新石器时代中期，如大地湾一期[14][15]、贾湖[16][17]、裴李岗—磁山文化等，羼入砂粒的技术便发展到一定水平，裴李岗文化[18]、磁山文化[19]、查海文化[20]、老官台文化[21]、大地湾一期等的陶胎皆曾羼砂，湖南彭头山文化陶胎羼有植物炭和砂粒[22]。

（一）陶土

我国新石器时代陶土主要包括四种不同类型：

1. 普通易熔粘土型

因关联因素较多，学术界对“易熔粘土”一词并无具体的成分界定，从科学分析看，易熔粘土型陶器的基本特点是低硅、低铝，含钙量亦较低，而助熔剂总量①，尤其是 Fe_2O_3 量较高。表 1-3-1 示出了 85 件标本（82 件为新石器时代陶器，3 件为制陶原料）的成分，其中有 51 件属普通易熔粘土型[23]~[28]，分属裴李岗文化、磁山文化、仰韶文化、大汶口文化、马家窑文化、龙山文化、齐家文化、大溪文化、屈家岭文化、河姆渡文化、罗家角文化、良渚文化、红山文化，以及桂林甑皮岩、广东翁源、江西万年仙人洞、修水、福建闽侯等文化遗址；有红陶、黑陶、灰陶、夹砂陶、夹炭陶、夹蚌陶、泥质陶、彩陶等。经统计，此 51 件标本平均成分为 SiO_2 59.78%、Al_2O_3 17.03%、Fe_2O_3 5.18%、TiO_2 0.77%、CaO 2.87%、MgO 1.85%、K_2O 2.49%、Na_2O 1.27%。SiO_2 波动范围为 49.05% ~69.84%，相对集中的成分范围是 55% ~65%；Al_2O_3 波动范围为 10.6% ~21.41%，相对集中的成分范围是 15% ~20%；CaO 量多在 3% 以下；Fe_2O_3 处于 1% ~11% 间，相对集中的成分范围为 3% ~7%。因铁氧化物和某些碱金属、碱土金属氧化物（R_2O、RO）具有较强的助熔作用，故这些陶器烧成温度一般不超过 1000℃ ~1050℃，温度再高时，便会产生出大量玻璃相，使制品变形乃至熔融。黄河流域在龙山文化、齐家文化前多用这类粘土，长江流域和其他地区也有使用[23][26]。从这些资料看，易熔粘土的 SiO_2 量通常应低于 70%，其陶化温度应低于 1000℃ ~1050℃；超过了这一成分和温度范围，通常便可视为高硅粘土、非易熔粘土。在上述 51 枚标本中，有 6 枚属夹炭陶，其含硅量与其他易熔粘土型陶器处于同一水平。

普通易熔型粘土主要制作普通陶器，其含铁量常因时代和地域而异。在黄河流域，仰韶文化及其之前，含 Fe_2O_3 量常达 6% ~8% 之间。上述学者分析的裴李岗文化、磁山文化、仰韶文化、大汶口文化、马家窑文化 17 件标本的平均 Fe_2O_3 量为 6.794%。龙山文化后稍有降低，多处于 4% ~5% 之间；上述学者分析的 6 件龙山文化、齐家文化标本的平均 Fe_2O_3 量为 5.56%。在河姆渡，陶片含铁量则由下层到上层呈升高趋势，下层的 Fe_2O_3 约为 1.5% 左右，最上层则处于 5% ~10% 之间（表 1-3-1）[27]。看来这主要与操作技术有关。

① 陶瓷原料的基本组分是 SiO_2 和 Al_2O_3，其他皆可视为助熔剂。除 SiO_2、Al_2O_3 使其耐火度提高外，其他碱土金属氧化物和碱金属氧化物等，都会在不同程度上使之降低。但不同的氧化物对耐火度的影响是不同的。

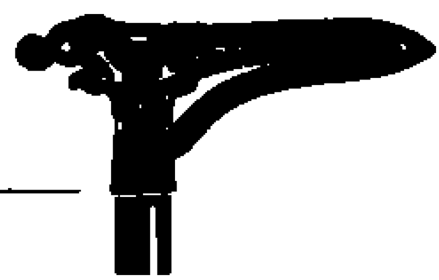
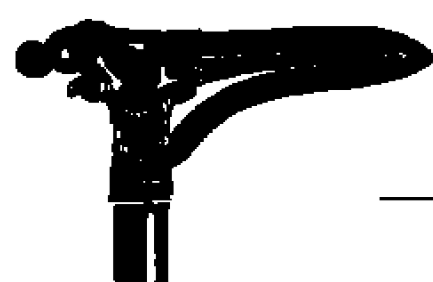


表 1－3－1　　新石器时代陶胎化学成分

序号	名称器号	文化类型	出土地点	成分（%）										
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	烧损
1	细泥红陶	裴李岗文化	河南新郑裴李岗	60.0	18.61	8.84	1.01	1.15	2.75	2.0	1.13	0.05	0.96	5.53
2	夹砂红陶			56.09	19.51	9.0	0.71	1.07	1.45	3.58	0.17	0.13	1.65	7.56
3	红陶			57.43	17.11	7.31	0.96	1.55	1.96	1.33	2.24		4.07	6.19
4	红陶	磁山文化	河北武安磁山	59.43	21.41	3.97	0.53	0.85	2.95	0.98	5.31			4.34
5	红陶			62.98	17.11	5.49	0.67	2.42	2.61	2.81	1.62			3.59
6	红陶			49.68	19.48	8.45	1.16	2.01	1.67	2.93	0.93		3.08	9.89
7	红陶	仰韶文化	仰韶村	66.5	16.56	6.24	0.88	2.28	2.28	2.98	0.69	0.06		1.43
8	夹砂红陶		西安半坡	64.66	17.35	6.52	0.77	2.39	3.35	3.35	1.26	0.09		
9	夹砂红陶			67.08	16.07	6.40	0.8	1.67	1.75	3.00	1.04	0.09		1.47
10	夹砂红陶		陕县庙底沟	60.47	15.79	5.98	0.74	6.87	3.45	3.3	1.17			1.75
11	夹砂红陶			50.87	16.63	6.61	0.87	14.13	5.26	3.01	0.81			2.09
12	黄陶		甘肃	51.0	14.9	8.8	1.1	15.1	4.0	2.0	1.5			1.4
13	陶坯		洛阳	60.22	17.07	6.99	0.79	1.02	2.57	3.21	1.14	0.03		6.72
14	陶坯羼和料		西安半坡	75.27	12.81	1.35	0.17	1.84	0.41	3.88	3.37	0.04		0.77
15	红陶	大汶口	兖州王因	49.05	21.29	7.45	1.24	2.34	2.26	2.19	1.38	0.14	6.66	5.65
16	白陶		大汶口	66.24	25.3	2.42	1.05	1.54	0.44	1.61	0.28			1.74
17	彩陶（甘肃）	马家窑文化	甘谷西四十里铺	57.2	13.56	5.28	0.71	12.36	1.76	2.94	1.17			4.91
18	彩陶		临洮辛店	54.92	17.47	6.17	0.75	9.28	3.18	3.59	0.69	0.23		3.39
19	彩陶		天水天西山坪	59.64	16.44	6.22	1.05	7.21	3.46	2.84	1.07			2.48
20	薄胎白陶	龙山文化	山东章丘城子崖	63.03	29.51	1.59	1.47	0.74	0.82	1.48	0.18	0.03		1.45
21	白陶			49.48	27.75	1.71	1.09	5.33	6.15	1.79	0.44			5.91
22	黑陶		安阳后岗	67.98	13.97	6.13	0.79	2.34	2.38	2.73	1.35	0.05		1.52
23	薄胎黑陶		日照两城镇	61.11	18.26	4.89	0.81	2.7	1.34	1.55	2.42	0.11		6.97
24	黑陶		章丘城子崖	63.57	15.2	5.99	0.92	2.65	2.43	2.77	1.62	0.07		5.39
25	黑陶		胶县三里河	65.53	13.77	4.49	0.79	2.05	1.41	2.98	2.13	0.07	0.69	\
26	红陶	齐家文化	甘肃齐家坪	65.16	13.10	5.50	0.69	9.26	0.44	3.39	1.15			1.17
27	夹砂红陶			62.42	17.16	6.38	0.84	1.84	2.68	4.13	1.42			2.81
28	泥质红陶	大溪文化		63.68	15.28	6.69	0.88	1.47	0.99	3.05	0.53	0.16	2.25	4.79
29	夹炭红陶			54.78	17.1	4.85	0.94	2.5	0.71	2.22	0.29	0.09	4.4	8.49
30	夹蚌陶			64.72	14.49	5.24	0.9	1.85	0.53	1.52	0.89	0.11	3.68	5.77
31	白陶			66.46	3.68	1.64	0.01	0.37	23.97	0.15	0.04	0.03	0.17	3.45
32	白陶			69.71	22.12	1.54	1.0	0.21	0.81	3.08	0.13	0.01	0.06	1.27
33	细泥黑陶 T64(2A):140		枝江关庙山	61.42	19.01	4.43		0.9	0.79	1.87	1.51			5.31
34	泥黑陶 T68(IC)H62:41			64.83	17.83	5.17		0.54	1.44	1.83	0.94			6.04
35	泥质白陶 T11(4):83			68.12	20.57	2.68		1.85	0.09	2.43	0.75			
36	泥质白陶 T11(4):42			67.79	5.52	3.41		1.18	18.01	0.61	0.69			
37	泥质白陶 T70(6):110			68.33	5.57	1.33		0.53	19.31	0.34	0.41			3.27
38	薄胎黑陶	屈家岭		60.45	18.27	5.41	1.05	1.45	1.14	2.6	0.44	0.04	2.43	3.29
39	泥质浅灰陶			64.85	19.8	6.41	0.87	0.75	1.80	2.16	0.87	0.04	0.46	1.68
40	夹炭黑陶 YMT23(4)	河姆渡文化	河姆渡第四层	60.88	17.18	1.44	0.68	1.44	1.0	2.18	1.4	0.06	0.3	13.42
41	夹炭黑陶 YMT30(3)		河姆渡第三层	57.72	17.31	4.13	0.89	2.01	0.79	1.96	0.76	0.14	2.13	12.58
42	夹炭黑陶 YMT27(4)		河姆渡第四层	64.63	17.97	1.42	0.82	1.19	0.86	2.27	1.17	0.04	0.19	9.08
43	夹砂黑陶 YMT33(4)		河姆渡第四层	67.44	15.4	1.63	0.77	0.88	0.66	3.39	1.31	0.04	0.41	8.74
44	夹砂灰陶 YMT21(3)		河姆渡第三层	63.01	16.58	3.97	0.75	1.54	0.89	2.41	1.05	0.11	2.33	7.5
45	白陶	罗家角文化	桐乡罗家角一层	52.13	5.53	1.98	0.4	9.49	19.62	0.18	0.12	0.09	3.88	6.38
46	白陶		桐乡罗家角二层	58.25	6.35	2.01	0.28	9.39	21.48	0.47	0.16	0.04	0.57	0.94
47	夹砂红陶		桐乡罗家角三层	57.08	6.74	2.82	0.37	6.44	16.31	0.69	0.16	0.1	2.80	
48	白陶		桐乡罗家角一层	59.08	8.2	3.32	0.45	7.48	18.94	0.72	0.11	0.05	1.1	1.14
49	灰白陶		桐乡罗家角一层	51.7	8.29	3.12	0.34	7.91	16.25	0.5	0.11	0.13		6.74
50	灰白陶		桐乡罗家角一层	54.34	6.47	3.76	0.29	7.75	17.04	0.81	0.1	0.11		6.21
51	夹砂红陶		桐乡罗家角一层	60.9	15.36	6.32	0.54	1.78	1.04	2.14	0.86	0.05	3.37	7.01
52	夹炭黑陶		桐乡罗家角三层	61.03	14.64	5.13	0.94	1.61	0.94	1.78	1.32	0.11	4.2	9.11
53	夹炭灰黑陶		桐乡罗家角四层	60.22	15.45	5.04	0.98	1.93	0.88	1.45	0.95	0.13	4.37	7.96



（续表）

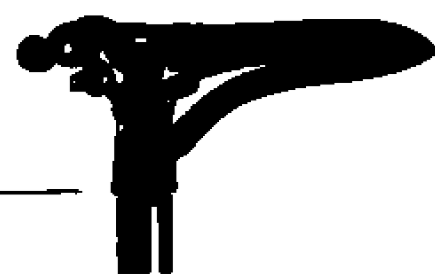
序号	名称器号	文化类型	出土地点	成分（%）										
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	烧损
54	质灰红陶 YMT34(2)	河姆渡文化	第二层	61.23	16.22	3.62	0.86	1.68	1.53	2.78	1.33	0.09	3.43	7.27
55	夹砂红陶 YMT37(1)		第一层	65.2	14.78	5.04	0.47	0.87	0.68	2.63	1.05	0.04	3.24	6.49
56	泥质红陶 YMT33(2)		第二层	55.77	19.05	5.93	0.98	1.29	1.77	2.77	0.98	0.07	4.79	6.53
57	泥质红陶 YMT33(1)		第一层	55.46	20.33	10.0	1.28	0.63	1.77	2.4	0.67	0.07	3.59	3.25
58	灰陶	良渚	上海金山亭林	54.09	21.34	9.45	1.29	1.14	2.36	2.71	0.8	0.08	3.21	3.98
59	红陶	红山文化	辽宁赤峰水泉	65.91	13.07	4.52	0.73	4.95	2.71	3.19	0.91			3.43
60	红陶			62.68	14.92	5.76	0.84	6.3	2.0	2.46	1.28			3.75
61	夹砂红陶		桂林甑皮岩(3)	50.7	20.19	6.05	1.18		5.73	0.78	0.6			14.5
62	夹砂红陶		广东翁源青塘	59.39	23.85	3.24	1.02	1.98	0.95	0.65	0.63			8.5
63	红陶		江西修水跑马岭	50.14	29.38	4.16	1.28	1.4	0.1	2.39	0.23			10.56
64	红陶		万年仙人洞上层	70.1	18.86	3.3	0.48		1.13	1.98	9.43			2.55
65	夹砂灰陶			70.8	15.85	1.9	0.52	0.1	1.65	2.93	0.56			5.41
66	细砂灰陶		闽侯昙石山下层	52.52	19.88	9.14	1.16	0.56	1.2	1.3	1.29			7.71
67	砂质陶 WX01		仙人洞四层，约万年前	73.07	14.88	2.68	0.97	0.84	1.38	1.41	0.05	0.02	0.07	4.15
68	砂质陶 WX03		万年仙人洞第三层约万年左右	72.07	14.26	5.42	0.77	0.46	1.05	2.27	0.20	0.06	0.15	3.27
69	砂质陶 WX07			70.33	18.69	1.60	0.65	0.55	0.87	3.01	0.12	0.02	0.05	4.12
70	砂质陶 WX09		万年仙人洞第二层约8000年前	74.53	13.76	2.65	0.94	1.00	0.98	1.87	0.05	0.02	0.11	4.10
71	砂质陶 WX12			78.86	11.68	1.50	0.65	0.85	0.65	0.88	0.13	0.02	0.22	4.50
72	砂质陶 WX13			76.32	10.60	2.87	0.92	2.08	0.68	1.75	0.05	0.04	0.35	4.38
73	砂质陶 WX14			75.93	12.24	3.44	0.67	0.84	0.88	1.61	0.05	0.05	0.17	4.17
74	夹砂灰褐陶(M2075 斝)	龙山文化陶寺类型早期		70.22	14.8	3.74	/	0.82	0.92	1.44	1.55	/	/	2.77
75	泥质红陶(H384 尖瓶)	陶寺庙底沟二期文化		69.18	16.48	6.04	/	/	0.9	2.6	2.6	/	/	1.05
76	泥质红陶罐 IIH4	龙山文化陶寺类型早期		69.84	16.23	5.28	/	0.32	0.81	2.33	2.55	/	/	0.71
77	泥质陶折肩罐 IIH	龙山文化陶寺类型早期		69.2	16.23	6.28	/	0.16	0.91	2.29	2.48	/	/	1.05
78	泥质红陶 T③:6	珠海淇澳岛后沙湾新石器		70.42	15.84	2.63	/	0.95	0.3	0.95	0.3	/	/	5.66
79	泥质黄陶 T③:6	珠海三灶岛草堂湾新石器		70.13	17.37	1.76	/	0.39	0.10	1.19	0.49	/	/	7.67
80	白粘土(生土)	枝江县雅畈		76.57	13.33	0.93	/	0.07	0.91	1.26	0.69	/	/	3.86
81	灰白粘土(生土)	枝江县关庙山		74.82	11.67	4.67	/	1.68	0.13	1.69	1.54	/	/	/
82	闽侯昙石山印纹硬陶	新石器时代晚期		65.61	22.85	5.42	0.91	0.49	0.70	2.53	0.47	0.056	0.201	1.03
83	闽侯昙石山印纹硬陶	新石器时代晚期		66.73	22.03	3.70	0.96	0.35	1.0	3.48	0.68	0.061	0.142	0.78
84	泉州印纹硬陶	新石器时代晚期		57.81	29.18	8.61	0.82	0.37	0.69	1.42	0.41	0.036	0.131	0.46
85	泉州印纹硬陶	新石器时代晚期		76.02	16.68	1.52	0.63	0.21	0.48	3.01	0.36	0.041	0.065	0.76
平均值	高铝质陶，9 枚			60.90	25.77	3.59	1.07	1.38	1.30	2.05	0.83	/	/	3.52
	高镁质陶，9 枚			59.46	6.26	2.59	0.24	5.62	19.0	0.5	0.21	/	/	3.13
	高硅质陶，13 枚			72.98	15.04	2.69	0.55	0.70	0.85	1.87	1.03	0.02	0.09	4.12
	低熔点粘土型，51 枚			59.78	17.03	5.81	0.77	2.87	1.85	2.49	1.27	/	/	5.03

注：（1）标本1、2、28～32、38、39、45～53号采自文献［23］；标本18、25号采自文献［24］；标本3～6、10、11、15、16、17、19、21、26、27、58～66号采自文献［25］；标本7、8、9、12、13、14、20、22、23、24号采自文献［26］；标本40～44、54～57号采自文献［27］；标本33～37、80、81号采自文献［28］；标本67～73号采自文献［9］；标本74～77号采自《考古》1993年第2期；标本78～79号采自文献［30］；标本82～85号采自文献［24］。

（2）本表共统计了85件标本，其中高铝质陶为16、20、21、32、62、63、82、83、84号，计9件，其中62、63号为红陶，16、20、21、32号为白陶，82～84号为印纹硬陶。高镁质陶为31、36、37、45、46、47、48、49、50号，计9件（其中47号为红陶，余皆白陶）。高硅质陶为64、65、67～74、78、79、85号，计13枚。14号为陶坯羼和料，80、81号为高硅粘土，统计陶器平均成分时，皆未计入内。余下的51件标本皆为易熔粘土型陶器。

（3）标本20的壁厚为2.5毫米，标本22的壁厚为1.0～1.5毫米。

（4）标本42尚含碳1.31%。甑皮岩夹砂红陶（标本61）烧损量达14.15%，不知为何缘由。标本67～73号、82～85号，每件标本皆有两组成分数据，其中一组的烧损量达8%以上，



另一组的烧损量却为零，今引用的是平均成分。

（5）30 号标本原名“夹植物红陶”，承李文杰先生相告，实为夹蚌陶，特此更名。因土壤中酸性物质的腐蚀，其所含蚌壳全部消失，成为“泡陶”。

（6）除表中所列，陶寺陶片尚含一定量的 FeO：其中 74 号标本为 2.44%，75 号标本为 0.9%，76 号标本为 1.72%，77 号标本为 0.35%。

2. 高镁质易熔粘土型

主要特点是高镁和低铁、低硅、低铝。MgO 含量常达 16% ~24%，Al_2O_3 量通常只有 4% ~8%，Fe_2O_3 含量较低，常为 1.6% ~3.8%。这类粘土在地球上的分布远较低钙高铁易熔粘土为少；将其加热至 1100℃ 以上时，陶坯就会变形乃至熔融[23]。但也有个别含铁量稍高。有关学者分析了 9 件高镁质陶，其中包括浙江桐乡罗家角 5 件白陶、灰白陶，1 件夹砂红陶[23]，大溪文化 3 件白陶[23][28]，此 9 件标本的 MgO、Al_2O_3、Fe_2O_3 的平均值分别为 19.0%、6.2%、2.59%。

高镁白陶始见于皂市下层文化的岳阳坟山堡遗址，约属公元前 5500 年以前[10]；稍后在罗家角遗址下层、大溪文化等都有出土，主要流行于南方。大溪文化白陶在湖南安乡县汤家岗类型中较多，汤家岗遗址的早、中期泥质白陶分别占陶器（片）总数的4%和5.3%，这是今知长江流域出土白陶最多的一处新石器时代遗址[31][32]。高镁白陶使用时间较短，商周之后便很少看到。

3. 高铝质粘土型

此粘土化学成分的基本特点是高铝和低铁、低助熔剂，与我国北方瓷土，或南方高岭土相当。我国今见最早的高铝质粘土陶器出自湖南道县玉蟾岩，其 Al_2O_3 含量达 30.3%，而 SiO_2 含量仅为 49.5%[4]。但这“高铝”一词的具体含义，学术界并无一致意见，我今且将 Al_2O_3 量大于22%者视为高铝。有关学者分析过9件年代稍后的高铝陶胎的化学成分，分属大汶口文化、大溪文化、龙山文化、广东翁源、江西修水、福建闽侯和泉州的新石器文化（表 1 -3 -1），此 9 件标本 SiO_2 平均值为 60.90%；Al_2O_3 量介于 22.03% ~29.38%间，平均 25.77%；Fe_2O_3 量介于 1.59% ~8.61%间，平均 3.59%[23][24][26]。其中翁源（Fe_2O_3 量达 3.24%）和修水（Fe_2O_3 量达4.16%）的两件标本为红陶，福建的3 件不明，余皆白陶；前者还是夹砂陶。上面谈到，51 件普通易熔粘土型陶器的 Al_2O_3 量介于 10.6% ~21.41%间。故今设定的“Al_2O_3 22%”恰处于此 9 件高铝标本成分的下限附近和 51 件普通易熔粘土标本成分的上限附近。

高铝白陶主要见于黄河流域，始见于老官台文化时期；在仰韶文化后岗类型、大河村一期、庙底沟类型、大司空类型，以及大汶口文化中期（约为公元前 3500 ~前 2800 年）都有出土；其中又以海岱地区发展得最为充分[33]。1959 年，山东泰安大汶口文化晚期的 10 余座大型墓葬中出土白陶达 198 件，占陶器总数的 18%，数量相当可观[34]；公元前3000 年之后，海岱白陶发展到我国早期白陶技术的最高水平[10]。虽高铝和高镁两种白陶在大溪文化关庙山遗址都有出土[28][29]，但高铝白陶在整个长江流域都是较少的。

不管高镁白陶还是高铝白陶，皆色泽鲜明，一般无须绘彩。高铝白陶更因胎薄、质硬，而备受世人赞许。我国是世界上最早发明了白陶的国家；尤其是高铝

白陶的发明、高铝粘土的使用，对我们了解我国陶瓷技术的发展，以及由陶向瓷的转变，都具有重要的意义。

新石器时代晚期还出现了一种印纹硬陶，江西修水山背下层、清江营盘里、筑卫城遗址下层①、广东石峡文化等都有发现，并很快便有了一定的发展，筑卫城遗址中层、广东石峡文化第三期墓葬、增城金兰寺中层、福建昙石山中层等都有出土。往昔所见印纹硬陶主要是高硅质的，高铝者甚鲜。表1－3－1总计示出了4件新石器时代晚期的印纹硬陶，分别出土于福建闽侯和泉州，其中3件属高铝质，1件为高硅质[24]，这说明印纹硬陶也有高硅质和高铝质两种，而且都是产生较早的。其实，印纹硬陶的本意是有印纹和质地较硬，而高硅和高铝，都是可以提高陶器硬度的。

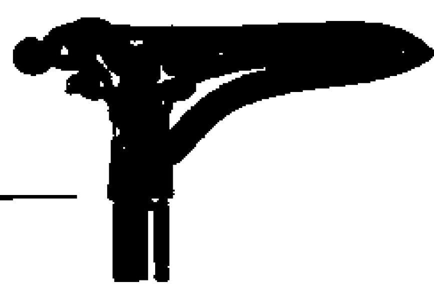
4. 高硅陶

化学成分的基本特征是含硅量较高（>70%）②，助熔剂总量稍低，在万年仙人洞、广东珠海新石器时代遗址[30]、龙山文化陶寺类型早期墓葬和福建泉州新石器时代晚期遗址都有出土。表1－3－1统计了13件此类标本，平均成分为SiO_2 72.98%（波动范围70.1%～78.86%）、Al_2O_3 15.04%（波动范围10.60%～18.86%）、Fe_2O_3 2.69%（波动范围1.50%～5.42%）、TiO_2 0.55%、CaO 0.70%、MgO 0.85%、K_2O 1.87%、Na_2O 1.03%、MnO 0.02%、P_2O_5 0.09%、烧损4.12%，其中9件为砂质陶和夹砂陶（仙人洞9件标本中有8件为砂质陶，陶寺早期1件亦为夹砂陶）。有的标本含铁量稍低，如71号（仙人洞WX12），若无烟尘渗入粘附，其色当近于白陶；福建泉州的1件（85号样）为印纹硬陶，含铁量亦较低。但多件标本含铁量不低，且有3件标本为红陶（64号、78号、79号）。

有一点值得注意的是：此陶器获得高硅的原因可能有三种：（1）砂子带入，而砂子是人工羼入；（2）是砂质粘土本身所具有；（3）是其他粘土本身所具有。若为前者，此陶片便只能叫高硅陶，而不宜叫“高硅质粘土陶”，因较高的含硅量可能是羼和料带入的；若为后二者，此陶器则属高硅粘土陶。在表1－3－1所列生土标本中，80号为枝江白色粘土，含SiO_2量达76.57%，81号样为枝江灰白色粘土，含SiO_2量达74.82%。可知高硅粘土是存在的。在表1－3－1所示13件高硅陶器标本中，多数标本的高硅量可能都是砂子带入，只有少数，如珠海的2件等，应是原料粘土带入的，当然仙人洞红陶（64号样）和泉州印纹硬陶也不排除这种可能。可知在整个原始社会，高硅粘土在制陶工艺中的使用量是不大的。不过，在表1－3－1中，含SiO_2量接近70%的标本还有一些，如大溪文化泥质白陶35号、36号、37号，其SiO_2量分别大于67%或68%；陶寺所出庙底沟二期文化陶器、

① 修水山背下层、清江营盘里、筑卫城遗址下层等的绝对年代，一般认为是公元前3000～前2500年（《文物考古工作十年（1979～1989）》第150页，文物出版社，1990年；《新中国考古五十年》第217页，文物出版社，1999年），此年代约与中原庙底沟二期文化相当。

② 学术界对“高硅陶”并无一致的看法，我今把高硅陶的SiO_2量暂定为70%，主要理由是：下章表2－3－1所列50件夏商周原始瓷中，只有5件的SiO_2小于70%；而表1－3－1所列82件新石器时代陶器中，SiO_2量大于70%者只有13件，其中还有9件砂质陶和夹砂陶。



龙山文化早期泥质红陶（75 号、76 号、77 号 3 器），其 SiO_2 量皆大于 69%。此外自然还有一些。此期高硅陶较少的原因可能有二：（1）尚未找到大量的高硅质粘土；（2）因窑温不够高，达不到高硅土的陶化温度，而放弃了高硅土的使用。我们认为，第二个原因是不能低估的。

一般而言，新石器时代的陶土都是经过了选择的，并非随意取来。普通粘土含钙量一般较高，可塑性较差，会给手工造型带来许多麻烦；而且其中的钙化物很难用淘洗法去除。万年仙人洞陶片大多数都是砂质陶，遗址附近的红土中亦含砂粒，它们的化学组成非常相近，说明当时主要采用当地红土制陶[9]。在黄河流域，与古陶成分相近的陶土应是当地的红土、沉积土、黑土等[26]。经过了选择的陶土多较细腻、纯净；如裴李岗文化的一些细红陶，颗粒度常在 15 微米以下，很少超过了 100 微米的[23]。陶土的淘洗工艺亦至迟始见于裴李岗文化及与之年代相当的时期，河南瓦窑嘴裴李岗文化[35]、磁山[19]等的细泥陶都曾淘洗；一般认为，年代稍后的细泥陶、蛋壳陶，以及陶衣等用料，都应是淘洗过的。河南舞阳贾湖遗址还发现过淘洗池[16]，主要目的是制备泥浆，以涂刷于陶器外表；城背溪的个别器物也曾用淘洗过的泥浆来涂刷红色陶衣[36]。当然，一般泥质陶、夹砂陶，则无淘洗之需。

（二）羼和料

我国新石器时代的陶器羼和料主要包括两大类：一是砂粒，以及部分滑石、云母、蚌壳等；二是植物皮壳或秆茎等之炭。

1. 砂料

我国新石器时代早、中期遗址，如桂林甑皮岩、万年仙人洞、道县玉蟾岩、徐水南庄头、澧县彭头山、查海文化、裴李岗—磁山文化、老关台文化、大地湾一期、平谷上宅遗址（公元前 5400～前 4300 年）[37]、北辛文化（距今约 7300～6100 年）[38]、北刘下层[39]、河姆渡文化、石门皂市下层和其他许多年代稍早的新石器时代遗址亦使用过羼砂制陶的工艺。此期夹砂陶比例往往较大，如南庄头，绝大多数是夹砂陶[11][12]。1965 年，甑皮岩下层出土有 921 件陶片，夹砂红陶和夹砂灰陶计 904 件，计占陶片总数的 98.15%；泥质红陶和泥质灰陶仅 17 件[13]。1962 年、1964 年，仙人洞两次发掘计出土 387 件原始陶片，皆为夹砂红陶[9]。1979 年、1980 年，北刘遗址下层出土陶器（完整的和可复原的）计 50 件，皆夹细砂，上层才出现了泥质陶[39][40]。仰韶、龙山文化之后，人们的生活有了较大扩展，泥质陶才逐渐增多起来。但值得注意的是，由于各种原因，各考古学文化泥质陶与夹砂陶的消长情况是不同的。河南陕县庙底沟 3 个仰韶文化灰坑计出土陶器（片）1602 件，夹砂陶占 32.62%；到了龙山文化时，该处 3 个灰坑计出土陶器 3841 件，夹砂陶增至 66.45%[41]。山西芮城西王村仰韶早期遗址出土陶器 650 件，夹砂仅占 19.12%，仰韶晚期遗址计出土陶器 5134 件，夹砂陶增至 48.96%[42]。湖北宜城曹家楼屈家岭文化下层的陶器，夹砂陶占 51%、泥质陶占 34%，但上层则是夹砂陶只占 10%，泥质陶却升至 75%[43]，夹砂陶明显下降。

陶胎羼砂之数量，一方面与时间有关，如新石器时代早、中期往往较多；仰韶文化之后，羼砂量常为 30% 左右，赤峰四棱山红山文化陶器[44]、周仁等考察的

部分半坡仰韶陶片、长安客省庄龙山文化陶片皆属这一范围[26]。另一方面则与地域、器物种类、大小、操作习惯、资源条件等因素有关，如现代云南傣族手工制陶，砂泥比达1:1[45]。同时，其砂粒大小常在1~2毫米间，超过3毫米或小于1毫米的皆为数较少；颗粒常较光滑，很少带有棱角，说明它是经过了大自然长期风化、淘洗的天然砂粒。依羼入砂粒之粗细，夹砂陶又可区分为粗砂陶和细砂陶两种，后者较少。细砂陶的特点是，陶土细腻纯净，只羼和很细、很少的砂子，但硬度却在粗砂陶和细泥陶之上[46]。早、中期陶器中有的砂粒较粗。

陶器夹砂的目的：（1）减少陶土的粘结性能，以利于成型。（2）增加胎壁强度，防止和减少坯体在干燥和烧制过程中的开裂，提高成品率。（3）增加制品的抗急冷急热性能，避免陶器在火上加热时发生爆裂，延长使用年限。夹砂陶主要用作炊具和储藏器，如鼎、罐、釜等。陶器夹砂的缺点是表面往往较为粗糙。

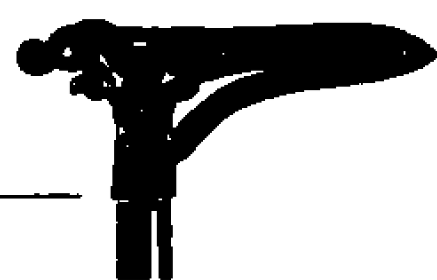
从矿物学角度看，此“砂”约有三种不同类型：（1）石英、长石类，这是主要的。表1-3-1第14号样示出了西安半坡羼料砂的化学成分，所含SiO_2量高达75.27%，含铁、镁、铝量却较低，其氧化物含量分别为1.35%、0.41%、12.81%。（2）贝壳碎屑，数量远较前者为少，在北方的徐水南庄头、北辛文化，南方的大溪文化、罗家角遗址等地都可以看到。（3）云母、滑石类矿物，在新郑裴李岗、胶东白石村一期[47]、大连郭家村下层[48]等地也可看到。严格说来，后二者与石英砂是有区别的，但因其使用量较少，故未单独列出，而借用“夹砂”之名。

2. 炭料

此“炭”主要是水稻的皮壳，羼有炭料的陶器，习惯上称为“夹炭陶”。

我国的夹炭陶是1976年首先在浙江余姚河姆渡遗址看到的[49]。后在浙江桐乡罗家角遗址[50]、湖北枝江关庙山大溪文化[29][31]、屈家岭文化、石家河文化，以及宜城曹家楼屈家岭文化[43]、枝城城背溪[51]、湖南石门皂市下层[52]、湖南澧县[22]、临澧[53]、河南贾湖[16]等地都有发现；主要流行于长江流域及其之南地区，使用范围较夹砂陶为窄。从年代上看，其始见于新石器时代中期，尤以城背溪为多，贾湖也可看到，新石器时代晚期便有了进一步发展，但随着时间之推移，很快便减少和消失。如河姆渡文化一期6个探坑出土夹炭黑陶27726片，占此期陶片总数的79.90%；二期6个探坑出土夹炭灰陶10356片，占此期陶片总数的56.93%；三期三个探坑出土夹炭灰陶356片，占陶片总数的8%；四期出夹炭灰陶91片，占此期陶片总数的7.26%[49]。关庙山第二次发掘时，大溪文化第一期多为夹炭红陶，其次是泥质红陶，个别为黑陶；第二期仍以夹炭红陶为主；第三期便以泥质红陶为主了，其次才是夹炭红陶、夹砂红陶等；第四期夹炭陶更为减少[54]。北方夹炭陶较少，唯山东汶上县东贾柏村北辛文化遗址等曾有发现[55]。

夹炭陶中之炭粒往往是肉眼可见的，在罗家角，炭粒长多为1.0~3.0毫米，宽0.5~1.5毫米[23][50]。也有较细的，如河姆渡，其炭粒多在1.0毫米以下，唯少数达到几毫米[23]。张福康等曾分析过罗家角陶器的炭粒，知其主要成分是SiO_2，这正是稻壳的主要成分；说明罗家角夹炭陶之“炭”应是稻壳，或主要是稻壳[23]。灰和炭是不同的，前者是完全燃烧所得，后者是闷烧炭化所得。对炭粒羼



入陶土时的具体形态，学术界曾有过两种看法：一说它是未作炭化处理，而直接以谷壳、稻秆或其他植物种子的形式加入的[25]；二说它事先进行了炭化处理，“然后放到粘土中加水拌和使用”[27]。有学者还为此进行了模拟试验，最后认为：大溪文化陶器多数的“炭”皆事先作了炭化处理，只有少数陶片使用了未作炭化处理的碎稻壳，这种碎稻壳很可能是用某种方法筛分出来的[31][32]。

陶器夹炭的主要目的有二：（1）可减少陶土粘性，以利于成型。（2）可减少因干燥收缩、烧成收缩等而引起的陶坯和制品的开裂。

夹炭陶是一种比较原始的工艺，其主要特点是：胎壁较厚、质地较轻等；其流行地域较窄，并且很快就衰退下去。

夹炭陶在国外也有发现，罗马尼亚新石器时代早期的克里什文化陶器亦掺有麦糠，中期以后陶器才改成了掺入细粒陶末或砂粒。西奈半岛青铜时代的黑陶也含有形态与此相似的炭化植物碎屑[56]。

此外，羼和料中还有一种陶末。1981 年，甘肃单尼县纳浪乡发现两处齐家文化遗址，其夹砂粗陶使用了碎陶末和页岩碎屑作羼和料。这应是后世陶瓷和金属铸造等工艺使用熟料之始。陶土羼砂等技术，对后世多种复合材料技术的发展都有一定影响。

从陶器原料的来源上看，新石器时代陶器约包括自然料陶器、羼和料陶器两大类；前云人为地羼入了石英砂、蚌壳、植物炭的陶器便叫羼和陶；那些不用羼和料，既不羼砂，亦不羼炭，纯用粘土制作的陶器便叫泥质陶，或砂质陶。后二者亦出现很早，如前所云，桂林甑皮岩下层便曾看到[13]；万年仙人洞上层第一次出土陶片 56 片，其中有泥质红陶和泥质灰陶计 27 片[9]。裴李岗文化出有泥质红陶和少量泥质灰陶[18][15]。泥质陶主要用来制作致密度要求较高的器物，如碗、瓶、甑等；仰韶文化彩陶、龙山文化黑陶都有不少细泥质陶。此“砂质陶”，指非人工羼入，而存在于自然界中的砂质粘土制成之陶，它与羼砂陶是有区别的。不过，自然之砂与人工羼入之砂，有时可以区分，多时是难以区分的，故此二者又往往混称。

三、早期陶器的成型工艺

经选择、加工过的泥料、羼和料，依一定比例配合后，再经掺匀、捣熟、陈腐，便可用来制坯。我国新石器时代陶器的成型工艺主要有三种，即手制、轮制、模制。

（一）手工成型

这至少包括三种不同的操作，即捏塑法、泥片筑成法、泥条筑成法。前二者约出现于新石器时代早、中期，亦较原始。

1．捏塑法，即用手直接捏制。主要用于小型器物及稍大器物的附件。其出现时间较早，延续时间较长，在桂林甑皮岩一期（距今 11000～12000 年）、裴李岗文化[18]、西安半坡[46]、澧县彭头山[22]、关庙山大溪文化[29]及整个新石器时代都可以看到，今云南西双版纳傣族仍有使用[45]。这类陶器表面常留有手指的痕迹。

2．泥片筑成法，又叫泥片贴筑法、泥片贴塑法。操作要点是将泥料先按成泥片，之后再经手捏和拍打使泥料互相粘合在一起。主要见于一些年代较早的遗址，如北京转年[7]、平谷上宅，舞阳贾湖[16]、裴李岗文化、滕县北辛；长江以南的余

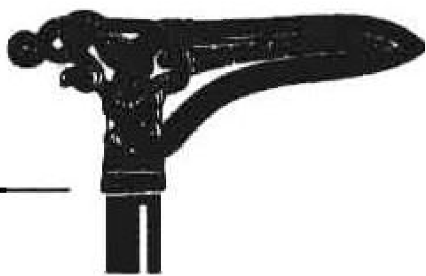
姚河姆渡、彭头山文化、皂市下层、城背溪[36]、华南的桂林甑皮岩三期、广东翁源县等都曾看到。操作较为简单，如老官台的一种泥质红陶是用多块泥片自下而上地粘贴成型的，具体操作是从器壁内侧往上接；在接口处，泥片贴在下块泥的内侧。平谷上宅一种早于红山文化的遗存，无论是泥质陶还是夹砂陶，往往用二至四层薄泥片相贴而成。这种工艺大体上是20世纪70年代中期之后才逐渐被学术界认识的，俞伟超[57]、牟永抗[58]等都作过许多研究。其主要缺点是坯体易从泥片连接处产生纵向裂纹，并呈鳞片状大片脱落下来，故只能制作形制较为简单的器物[32]。它与泥条盘筑法并存了相当长一个时期，至今仍在海南岛黎族制陶工艺中保留着。据李露露1993年的调查，今海南黎族制陶工艺既无快轮，亦无慢轮，只有手捏法和泥片贴筑法两种[59]。

3. 泥条筑成法，即先将坯泥搓成条状，后依一定方式堆筑成型，做出口沿，最后里外抹平。这类陶器表面常有明显的泥条堆筑痕迹。这是我国古代手工制陶的主要方式。其约始见于新石器时代早期的仙人洞遗址等[9]，新石器时代中期便有了发展，在北首岭下层[60]、裴李岗文化[18]、磁山文化、北辛文化[61]等遗址都有使用。这类陶器表面常有明显的泥条盘筑痕迹；到了仰韶文化时期，南北都广泛使用起来，龙山文化乃至稍后一个时期仍有使用。

泥条筑成法约有两种不同操作：一是分层积叠式圈筑，即先将泥条围成一个圆圈，再分层依次积叠起来，我国新石器时代陶器多用此法。其器壁一般较厚，西安半坡多用它制作大型器物和粗砂陶[46]。今云南沧源、景洪和西双版纳的傣族制陶仍在使用[45][62]。二是螺旋式盘筑。先将泥料搓成泥条，然后螺旋式盘筑而上；可向左旋，也可向右旋；仰韶文化的小口尖底瓶常用此法，今云南佤族制陶亦曾采用[63]。这类陶器的表面常留有盘筑和捏合的痕迹。与贴片法相较，泥条盘筑法的优点是坯体不易产生纵向裂纹，可制作出稍见复杂的器物。不管层叠式圈筑法还是螺旋式盘筑法，都有“正筑”与“倒筑”之分，“正筑”即先筑器底，“倒筑”即先筑器口；在泥条盘筑法中，还有一个“正、倒”兼用之法，即器身上部用“正筑”法，下部用“倒筑”法，之后两段再接合为一。

最早的泥条盘筑法大约是将坯泥放在地面的木板、竹席上进行的，有时坯底垫以树叶；辽宁沈阳新乐遗址下层陶器的底面曾清晰地显示出这种叶脉的印痕[64]。之后才发展到将木板放到膝盖上，并不断地用手搓动木板边缘，使之顺时针方向旋转。直到20世纪60~70年代，云南沧源傣族仍在使用此法[45][65]。之后又才发明了可以转动的慢轮（俗称转盘）。

对于慢轮制陶的发明年代，学术界曾有不同看法。有学者认为其约发明于新石器时代晚期，理由是：（1）直到仰韶文化早期，所见慢轮修整痕迹还是较少的，及至仰韶文化庙底沟类型时，这类器物才明显增多起来；仰韶晚期，该技术才得到了广泛的应用和提高[66]。（2）目前在陕西、甘肃等地的许多仰韶文化遗址都发现过一种帽式陶转盘（图1-3-1）。其中长安马王村发现2件，均为泥质红陶，形似一顶翻沿草帽，外表光洁，里面粗糙；西安半坡出土一件，泥质红陶，形制与马王村的相似。甘肃宁县阳坬、秦安大地湾、合水县孟桥，陕西宝鸡北首岭四处的仰韶文化遗址均出土有“锣式”陶转盘；这类陶转盘口径为30~40厘米不



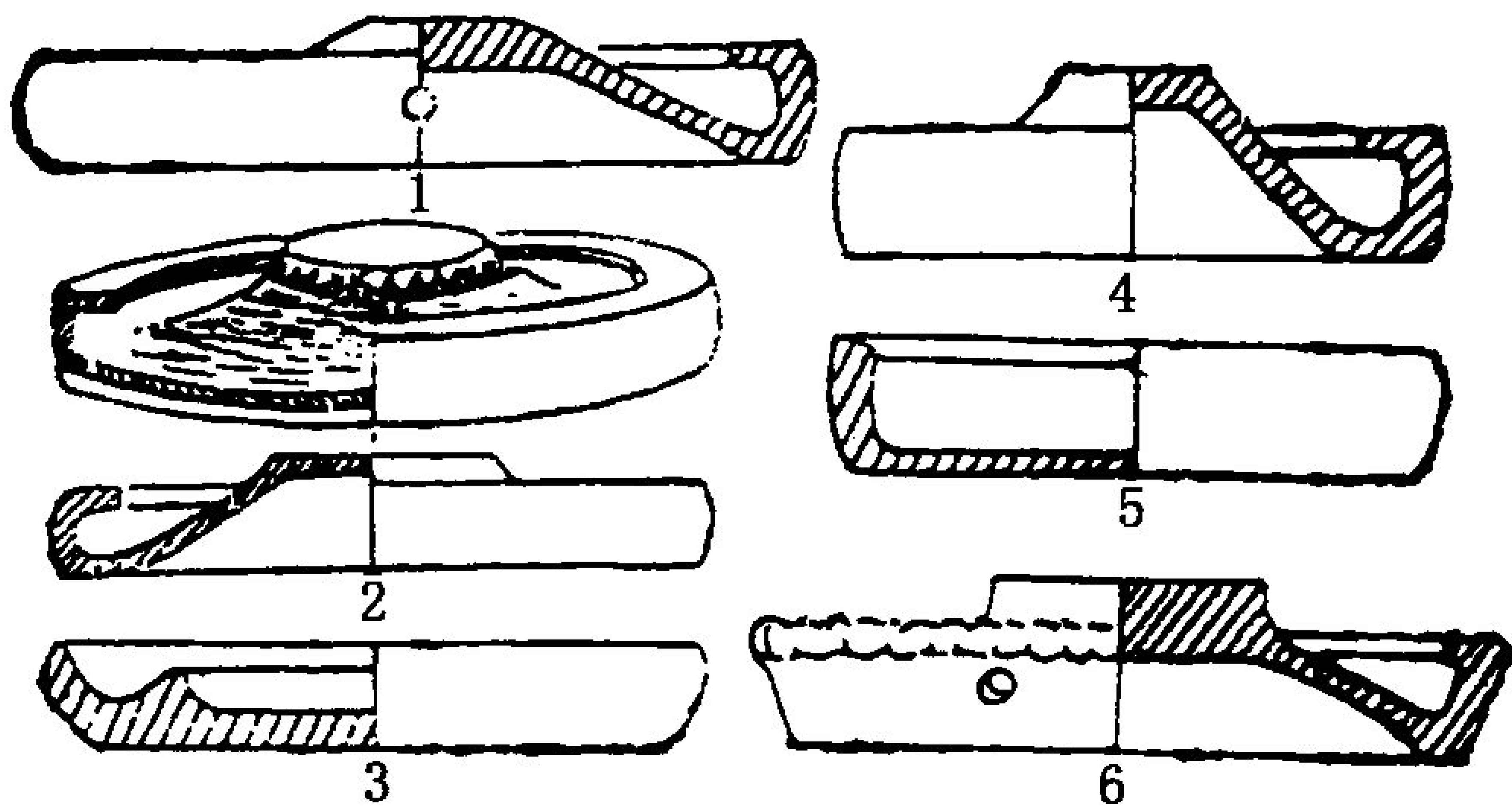


图 1-3-1　仰韶文化遗址出土的陶转盘

1、4. 铜川李家沟　2. 西安半坡　3、5. 宁县阳坬　6. 长安马王村

采自文献[67]

等。秦安大地湾仰韶文化层内还出土过一件石转盘[67]。也有学者认为其应发明于新石器时代中期，说大岗遗址，即贾湖文化晚期已出现了慢轮修整，如其中的陶盆（H:4:13），泥质红陶，在口沿内壁和外表，以及腹部中段以上的内壁，都见有细密的慢轮修整纹，这是今见最早的慢轮修整件[16]。我们认为此说当大体可信，慢轮的发明年代当在贾湖文化时期，即新石器时代中期的晚段，稍早于仰韶文化。看来各地制陶技术的发展情况是不太平衡的。转盘的优点是，其一，可自由转动，便于泥条盘筑、表面修整和加印陶纹。其二，可修整口沿等处，使形制更为规整。经慢轮修整后的陶器表面常留有清晰的轮纹。

类似的转盘制陶直到 20 世纪 70 年代，云南景洪傣族等仍有采用。景洪傣族的转盘是个倒置的截头圆锥体，盘的面径约 28～30 厘米，底径 20～24 厘米，高 16～18 厘米。在底部的中心接入一根竹筒，地上埋一细圆的木桩，木桩插入竹筒内以支撑转盘。用中足趾轻拨转盘而使之转动（图 1-3-2）[65]。

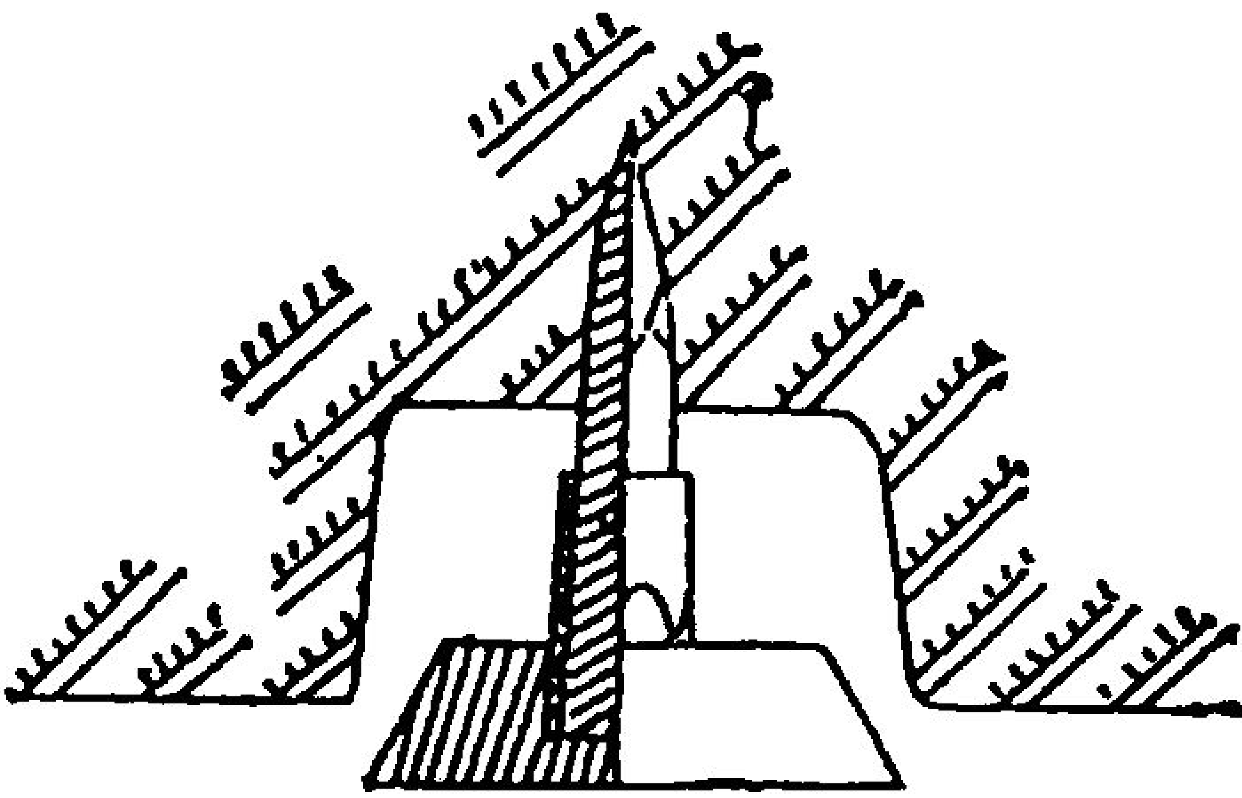


图 1-3-2　景洪傣族慢轮制陶木轮装置

采自文献[65]

泥条筑成法制坯的基本过程，通常是先作器底和器身，后作附件；小器则可一次整体做成。大器的器底和器身也可以分制；器底可用整块坯泥以手捏成，也可用泥条筑成。器身可用分层圈筑法，也可用螺旋式圈筑法；景洪傣族用的是分层积叠式圈筑法[65]，每盘完一圈后需用手将接缝捏合；上下两周泥条并非平直接合，而是向内或向外倾斜地接合起来；以内倾接合法最为常见。器身与器底的接合法主要有两种：一是包底式，即身坯下部内卷，把底部周边包住；二是包身式，即底坯外缘上卷，把身坯下脚包住。两种接合法在西安半坡，以及山西芮城东庄村、西王村的仰韶陶器中都可清楚地看到[42]。小口尖底瓶的底部与器身通常是分段制作的，然后接合在一起[66]。也有人



认为其用倒筑法，先筑器壁、后筑器底。泥条筑成法的陶器也可做得很薄，如关庙山所出蛋壳彩陶圈足碗和单耳杯，胎厚只有1.0～1.5毫米，距今约5830～5940年，是我国最早的蛋壳彩陶。其做法是：先用泥条筑成法初步成型，经拍打后，再将坯体托在手上边转边刮薄；其彩色图案是以某些特殊的粘土和矿物为颜料，用兽毛类工具绘制的[68]。

（二）模制法

包括两种不同的操作：

1. 模具敷泥法。约产生于新石器时代中期。模具分内模和外模两种，皆低温烧制；内模主要用于器身成型，利用内模为依托，逐层敷泥形成器身。外模常用于壶的颈部，通常分作数块，每块皆呈弧形，利用外模作依托，逐层敷泥[69]。此法主要见于渭河流域的老官台文化，在大地湾遗址一期等地都可看到。

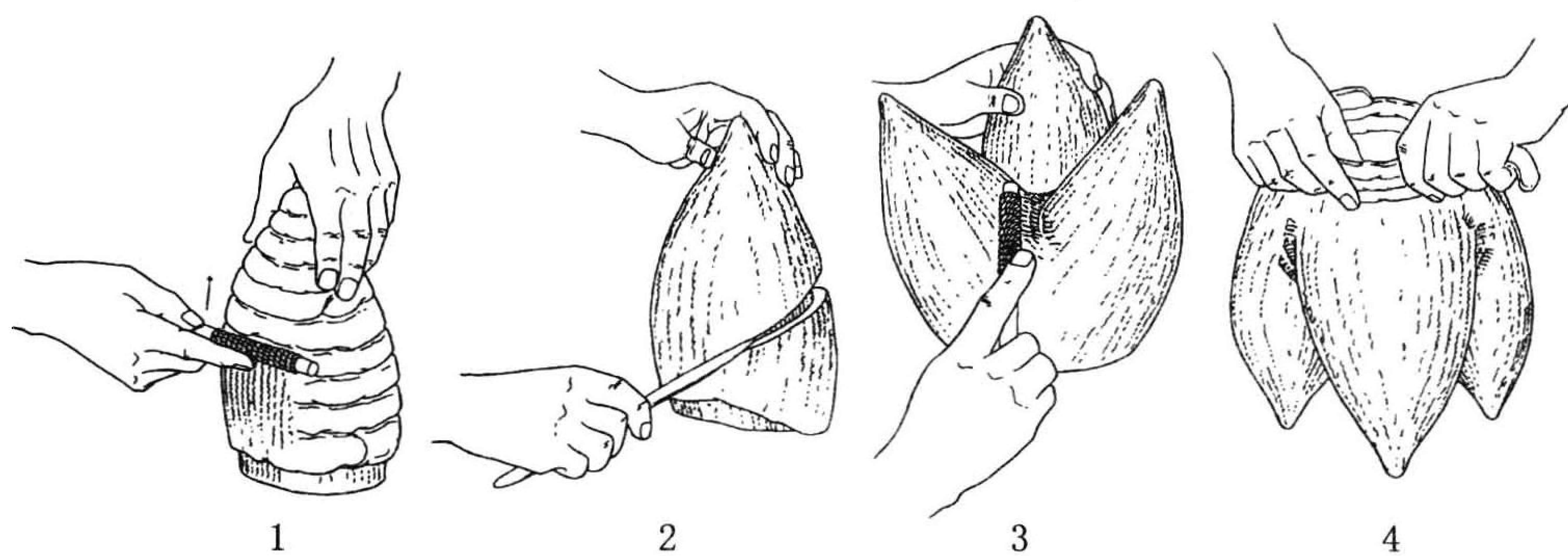


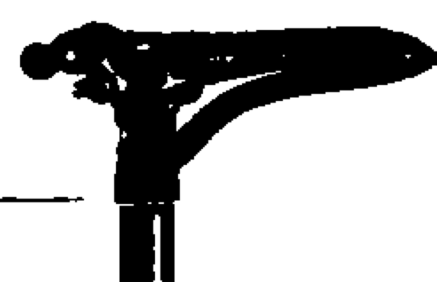
图1－3－3　陶寺类型中期模具盘泥法工艺示意图

1. 袋足外滚压竖绳纹　2. 将袋足切出斜口　3. 用绳纹棍将裆沟压实　4. 用泥条盘出上半身

采自李文杰《中国古代制陶工艺研究》第101页

2. 模具盘泥法。它是在泥条盘筑法的基础上发展起来的，始见于仰韶文化时期。姜寨第四期文化层曾出一件瓶的模具，高7.5厘米、口径3.1厘米、底径5.1厘米，夹砂红陶质，与I式尖底瓶的口部正好吻合①，发掘者认为可能是翻制I式尖底瓶口部的阳模[70][71]。大汶口部分陶器，如M117的三件灰陶壶，M9的一组红陶鼎，M17、M47出土的圆锥形空足鬶的足部等，它们大小相等，尤其是下部，很可能采用了模制法成型。具体操作当是：先用模具盘泥法分别制成下部、肩部和颈部，然后粘结在一起[34]。图1－3－3所示为龙山文化陶寺中期以模具盘泥法制作瘦足鬲的工艺示意图。基本步骤是：（1）以单个袋足模为依托，在外侧用泥条盘筑法做出单足。（2）以捲有绳子的木棍在袋足外表滚压，或用有篮纹的拍子拍打定型。（3）用刀具将袋足切割出斜口，以便三足安装。（4）将三足粘合在一起，并用“绳纹棍”压实裆沟，做出绳纹。（5）用泥条盘筑法盘出鬲的上半身。（6）最后用榫卯接合法将袋足的上端插入器身的底部。模具敷泥法和模具盘泥法虽然都使用了模具，但在具体操作和流行年代上却是不同的。模具敷泥法发明较

① 此发掘者认为，此小口尖底瓶的口部是模制的；承李文杰先生相告，他在斑村所见小口尖底瓶的口部全都是手制的。



早，也消失得较快，它是一种比较原始的制陶工艺；模具盘泥法沿用时间较长，技术上也较进步。

模具盘泥法最为流行的地区是黄河中游，主要流行于龙山文化时期，通常只用于袋足器（斝、鬶、盉、鬲、甗）下半身成型，上半身则为手制（无模的泥条盘筑法）或轮制。模具盘泥法应有多种操作，较为常见的一种是：把泥条盘筑于模具的外侧，之后再加拍打。河南安阳市后岗遗址出土过一件龙山文化陶鬲（或甗）内模[72]，空心、轮制，将之置于该遗址所出"袋足"内正好相合，说明此三足器是利用单足内模使三足分制的。三足器也有三足合制的，如山西夏县东下冯龙山文化的实心"鬲形器"、襄汾县陶寺的空心"鬲形器"等。据研究，其三足合制的坯体可整体脱模，亦可切开裆部，三足分别脱模[66]。模制法的发明，对于后世金属铸造中的造型技术，显然具有重要的启发作用。

有一点需说明的是：目前学术界对模制法的技术含义和发明时间，还是存在不同看法的，有学者把早期泥片贴筑法也纳入了其中[57]；也有学者认为模制法只包含模具盘泥法一种，不包括模具敷泥法，并认为它未见于仰韶文化，而始见于庙底沟二期。这些都可进一步探讨。

制作出来的陶坯稍事晾干，紧接着就要用各种不同形状的拍子去拍打器壁，这是制坯过程的一项关键工序。目的是：（1）赋予陶坯一个较为合理的外形。（2）弥合一些细小裂纹，排出部分水分，使器壁更为坚实、致密。（3）若在陶拍表面制作出了一些道纹，经拍打后，就会呈现出许多纹样来。陶器表面上的绳纹、篮纹等，大约都是这样加工出来的。（4）使坯体与内模之间出现空隙，似便于脱模。

最早的陶器是没有附件的，附件约始见于新石器时代中期；始为手制，后又增加了模制。各种附件的连接常在拍打加工后进行，连接方式有粘着法和嵌入法等。一般而言，器身和附件须用同一坯泥制成，但也有少数例外，上海马桥出土的柱足盉，器身采用泥质陶，底部和三足却是夹砂陶[73]。主、附件分制法简化了操作，提高了工效，对商周青铜工艺中的主、附件分铸法无疑是有启发的。

手捏法、泥片贴筑法、泥条盘筑法，以及模制法，都是出现较早的制陶工艺，其中又以前二者，及模制法中的敷泥法较为原始。在这些方法中，泥条盘筑法使用范围最广、沿用时间最长，模制法则使用得较少。泥条盘筑法开始取代泥片贴筑法，并逐渐推广开来，在渭水至黄河中游大约是公元前四五千年之际，长江中游大约是公元前4000年的上半期，长江下游大约是公元前4000年的中期以后，黄河中游大约是公元前4000年的下半期。在珠江三角洲，这更替过程大约要发生得更晚一些[57][58]。

手制和模制皆生产率较低，今沧源傣族手工制陶做一口径和高均12厘米的素面圜底罐，从盘筑泥条到最后做成，需18～20分钟；景洪傣族手工制陶做一中等大小的素面陶罐，需30～40分钟。新石器时代的手工制陶，大体亦处于这一水平。

（三）快轮成型

快轮又叫陶车，实际上是一种转速较快的转盘。操作要点是：将坯泥放在陶车上，藉其快速转动的力量，用提拉的方式使之成型。主件、附件分别制造，一般是先制主件，后安附件。商周青铜铸造工艺中的分铸法，最初也是先铸主件，

之后再铸附件，并浇合为一的。

快轮制陶在我国约发明于新石器时代晚期后段，其发明地是多元的，在大汶口文化中期偏晚[74]、大溪文化晚期、崧泽文化晚期，几乎在同一个时段都出现了快轮制陶[31][32]，到了龙山文化、屈家岭文化时期，便在许多地方推广开来。由完全的手工捏制到慢轮制陶，是个较大的进步；快轮制陶的发明，则是制陶技术的一次飞跃，为后来瓷器成型打下了良好的基础。

山东曲阜西夏侯遗址的上下两层墓葬都发现有少量轮制小陶器，有的小陶鼎内底见有“螺旋形盘绕的条状痕迹”；其下层为大汶口文化中期偏晚（公前3500年），上层属大汶口文化晚期（公元前3000年）[74]。山东邹县野店大汶口文化陶器主要为手制，但也有少数器物，如镂孔高柄杯的杯部，小型的碗、盆、杯，为轮制[75]。大溪文化第四期（距今约5235~5330年）流行的细泥陶圈足碗、碗形豆、圈足罐、细泥红陶或橙黄陶的圈足碗和圈足罐，厚度仅为1.5~2.0毫米，有关学者说是轮制的[32]。关庙山遗址出土有许多细泥黑陶碗形豆，其圈足的内表往往留有非常规整的呈螺旋式上升的手指印痕，这显然是快轮拉坯留下的痕迹。距今约5235~5330年[31]。

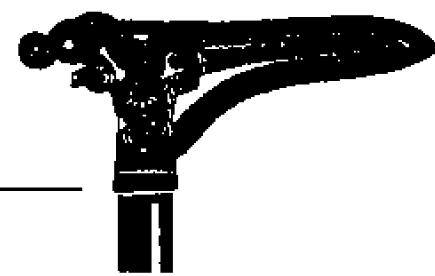
陶车成型的特点是：（1）因其是藉助陶车旋转而产生的离心力、惯性力，使用提拉的方式成型的，故转速快，生产率较高。一件普通小罐，成型只在片刻之间。（2）器形规整，壁厚均匀，而且可做出很薄的制品来，著名的龙山文化蛋壳黑陶，以及屈家岭文化蛋壳彩陶，壁厚都常在1.0毫米左右。山东潍坊姚官庄3件龙山文化蛋壳陶经复原后，壁厚竟在0.5~1.0毫米之间，陶质细腻、漆黑发亮，轮制精细[76]。胶县三里河二期所见薄胎高柄杯等，有的壁厚不足0.5毫米[77]。1993年，青州市博物馆西大厅房基下发现一龙山文化器物坑，出土大量陶片和多件完整陶器，也是多属轮制[78]。（3）器表可能残留下3种不同的痕迹。一是普遍留有平行密集的旋螺式拉坯指痕，二是外底会留下细绳切割时形成的偏心涡纹，三是有时坯体内外表面还可看到细密的麻花状扭转皱纹[79]。此三种痕迹，也是今人鉴别古代陶器是否轮制的重要依据。此“拉坯指痕”是主要的，“偏心涡纹”有时在慢轮制陶中也可看到，“坯体扭转皱纹”则往往较难看到。当然，若经过了较好的修整和装饰，这几种痕迹都可能消失。相当一个时期内，学术界对快轮制陶的发明期和发明地都产生过一些不同观点，其中一个重要原因是对此快轮成型的痕迹有不同的理解和看法。

轮制法在我国南北各地发展很不平衡。在黄河流域，以下游最为发达，越往西则使用越少；中原龙山文化晚期仍以手制为主，轮制较少，部分器物采用了模制。黄河下游和长江中游是我国境内轮制法使用最早的两个地区[32][79]。

（四）成型修整

在陶坯成型过程中，要进行多次修整，其中较为重要的操作有：压印、拍打、刮削、抹平、慢轮修整、快轮（慢用）修整等。今仅介绍压印、拍打两项。

压印和拍打是初坯成型后期一项十分重要的工序，其目的主要是消除泥片或泥条间的缝隙，提高坯体的致密性和强度，并起到调整壁厚和器形的作用，以改善其使用性能。所用工具主要是木质的压印棒和拍子。这类工具多为糙面、纹面，



也有光面、素面的，对于加固胎壁来说，糙面的压棒和拍子比光面、素面者要来得有效些。在压印和拍打过程中，不可避免地会在陶器表面产生一种压印纹和拍打纹；将绳子缠在木棒或拍子上压印、拍打陶坯时，便可得到一种绳纹；在陶拍上刻出条形、方格形或其他几何形阴纹时，便可得到篮纹、方格纹，以及其他几何形纹。因这种花纹属陶坯肌体的一个部分，故习惯上又谓之陶纹。人们在压印和拍打陶坯时，陶坯里面一般都要垫以卵石或陶垫，以便于加工和防止变形。这种压印和拍打等修整大约在新石器时代早期便已使用，之后便一直沿袭了下来。万年仙人洞下层两次发掘的陶器都饰有绳纹，有的甚至内外均可看到，这是仙人洞一期陶器的一个重要特点[9]。桂林甑皮岩下层的夹砂陶和泥质陶皆有绳纹[13]。

四、陶器表面装饰

陶坯经压印、拍打等成型修整后，通常还要磨光，并进行一些表面装饰，之后才能入窑烧造。在表面装饰前还需进行一些装饰性修整。装饰性修整和成型修整有时是结合在一起的。有的陶器作素面，有的作纹面。此纹面的做法又有两种，一是在陶坯肌体上做出，包括刻划、剔刺、堆砌、镂空等，二是在陶坯基本制成后，在其表面涂刷陶衣，或绘彩。

（一）装饰性陶纹的制作

1. 刻划、剔刺。即用尖细的竹木器等在陶坯上刻划、挑刺，可得到弦纹、几何纹、戳印点状纹、剔刺纹；有时还可用篦状器压印成篦点纹或划成篦划纹。在慢轮或快轮（慢用）修整时，亦可制作出一些凸弦纹或凹弦纹。

2. 堆砌。即在陶器表面另外堆上一些泥条或泥块，得到的花纹叫“附加堆纹”，这种花纹除装饰外，还可起到加固器壁的作用。

3. 镂孔。主要见于圈足器。镂孔有圆形、方形、三角形等种。

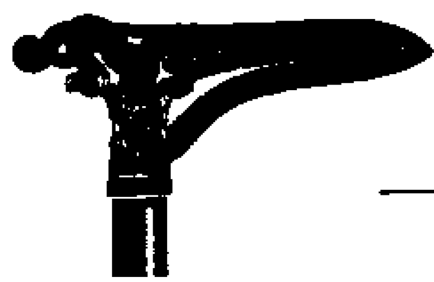
此三种操作产生的花纹皆属于陶胎肌体的一个部分，故习惯上亦谓之陶纹。前述压印纹、拍打纹都是成型过程中得到的，是避免不了的工艺性陶纹，此三种则是人为有意做出的装饰性、非工艺性陶纹，其一般出现于新石器时代中期，并延及至商周。1977 年新郑裴李岗第二次发掘时，其泥质陶多素面无纹，夹砂陶一般有附加乳钉纹和篦形器压印出来的凹点纹和划纹[18]。武安磁山，陶器以夹砂陶为主，以素面为主；陶纹有绳纹、编织纹、篦纹、附加堆纹、剔刺纹、划纹等[19]。巫山大溪文化陶器有戳印纹、绳纹、刻划纹、条纹、锥刺纹、附加堆纹、镂孔[80]等。各种陶纹的使用情况一方面与年代有关，另外与地区也是有一定关系的。

（二）表面磨光

此操作在坯体并未全干时进行，做法是用砾石或骨器等在其表面上按研，就会出现光泽。此工艺至迟发明于裴李岗和磁山文化时期，仰韶文化的彩陶都是磨光过的；大溪文化、屈家岭文化、龙山文化都广为流行。据调查，今山东日照县城附近的萝花前村生产黑陶时，也采用了类似的研光工艺，而且这类陶器经长期使用后，会因反复抚摩而越加变得光亮[26]。

（三）涂施色衣（又叫陶衣）

涂施色衣是将淘洗所得细泥浆涂刷到将干而未干的坯体表面，之后入窑烧成。其习见颜色有红、白等。其目的主要是改善陶器表面的致密度和光洁度。仰韶文



化时最为流行陶衣，其彩陶曾大量地使用，有的在涂刷陶衣前还要涂一层泥浆，作为打底。

陶衣技术约始见于新石器时代早期，最早流行于长江流域。甑皮岩下层出土的921件陶片中，一个陶片上便涂有红色陶衣[13]。这是今见最早的陶衣。但因数量较少，也有学者对此存有疑义。新石器时代中期，有关实物就多了起来，石门皂市下层的泥质红陶、城背溪遗址的红褐陶等都采用过涂敷白衣的工艺[10]。湖南澧县彭头山夹炭陶胎的内、外表面皆施一层较厚的泥质表层，有时还再施一层红色陶衣，河南舞阳贾湖陶器多用一层青色泥浆打底，之后再涂红色陶衣。但此"表层"和"红陶衣"较易脱落[22]。到了仰韶、大溪和与之年代相当的时期，陶衣技术又有了较大发展。仰韶时期的彩陶多是绘在白色陶衣上的，故彩色图案十分强烈、鲜明。大溪文化各时期陶器上都有陶衣，且以红色为主：第一期陶衣较厚，多呈深红色，也有红褐色或鲜红色，附着牢固；第二期的多呈鲜红，富有光泽，也有的呈深红色；第四期的较薄，多为浅红，容易脱落。总体呈现了泥浆由厚变薄，颜色由深变浅，附着力由强变弱的规律[32]。

各考古学文化陶衣之色也有一定差别。红色陶衣主要流行于仰韶文化、大溪文化等处，白色陶衣则流行于仰韶文化、大溪文化、大汶口文化等。良渚文化盛行灰胎黑陶衣和红胎黑陶衣。黑陶衣是渗碳所致的。当然这是大概情况，实际情况要复杂得多。施衣之法主要是涂刷，施后研光，以增加其与坯体的结合；在大溪文化中，多数器物是局部，而非全身施"衣"的[32]。

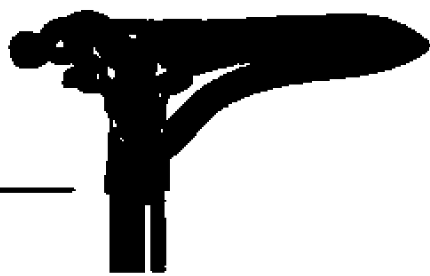
（四）彩绘陶

即用彩来绘陶，在已经烧成的陶器上，用不同的彩料绘画，绘后不再烧造，此被绘的是陶器，而不是陶坯。此技术约始见于仙人洞遗址下层，1964年作第二次发掘时，出土陶器（片）298片，其中有13片为硃绘陶，其硃彩绘在绳纹上[9]；但在整个新石器时代早期、中期都是使用不多的，新石器时代晚期稍有发展，在城背溪文化，以及大汶口文化、大溪文化等都有类似的器物出土。彩绘陶在我国沿用了相当长一个时期，1974～1983年，赤峰大甸子夏家店下层文化清理804座墓葬，出土各类陶质器皿1683件，其中有400多件曾经彩绘；陶器表面皆呈黑灰色，其彩皆白、红两色。经分析，一份白彩为碳酸钙 $CaCO_3$，红彩为硫化汞 HgS；但墓M453出土的红色矿物颜料为赤铁矿粉。年代相当于夏末商初[81]。及战国秦汉，彩绘陶盛极一时。

（五）彩陶

即带彩的陶，是烧造前用一种富含着色剂或基本上不含着色剂的天然矿物作为颜料，在陶坯表面绘制出各种不同的图案。依彩料成分和烧成气氛之不同，烧造后就会呈现出赭红、黑、白诸种颜色。目的是提高产品的艺术效果。

彩陶技术约发明于新石器时代中期，贾湖文化[16]、大地湾一期[14][15]、北刘下层[39]、河姆渡文化一期（最下层）都有少量彩陶出土[49]，新石器时代晚期，在仰韶文化、马家窑文化、大汶口文化中，彩陶技术都得到了充分发展，其中尤以马家窑文化为盛。兰州市白道沟坪马厂型12座陶窑计出土陶片5447件，其中有彩陶3390片[82]，占陶片总数的62.2%；甘肃广河地巴坪所出完整和可复原的彩陶



265 件，占陶器总数的 90%[83]；当然这是较为特殊的例子，马家窑文化彩陶所占比例多在 30% ~50% 范围（彩版叁，2）。在仰韶文化、大汶口文化地区，彩陶数也不少，唯大溪文化不甚发达。

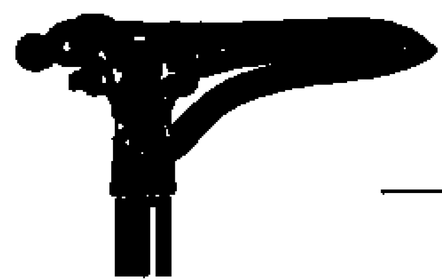
彩陶的做法通常是：慢轮修整后，用黑彩和红彩等在泥质红陶胎的表面，绘出各种不同的图案，之后再研光、入窑烧造。施彩部位多为器口、颈、肩和上腹部，也有通体施彩和器内施彩的；纹样多为几何纹，也有动物和人物图案。这些图案既细腻流畅，又形象生动。人们推测：当时很可能使用过兽类细毛制成的，类如毛笔一样的绘画工具，此外可能还有一种钝头的硬质绘制工具。彩陶之胎多为泥质和细泥质，多为易熔粘土，也可能有少数为高铝质粘土，其色则有红、黄、灰、白等种。彩陶是因其表面装饰来命名的，而人们划分陶系的主要依据是胎质和胎色，故它是个特殊命名方式的陶系。

周仁等曾对这些绘于陶器表面的彩料作过许多分析，得知红彩和红衣的着色元素皆主要是铁，其矿物可能是赭石；仰韶文化中出土的赭石和研磨工具，或与此有关。黑衣、黑彩的着色元素主要是铁和锰；白衣、白彩应是含锰、铁等着色元素较低，含铝量稍高的白色粘土[26]。张福康[23]、李家治[24]等分析过 8 件新石器时代陶衣、彩料的化学成分（表 1 -3 -2），1 件黑彩标本含 Fe_2O_3 和 MnO 含量都较高，分别达 12.73% 和 6.36%；1 件红衣唯含 Fe_2O_3 量较高，达 9.45%，MnO 量则较低，为 0.23%。3 件白衣试样含铁量皆较低，含铝量却较高。当然，不管红彩、白彩，其颜料并不止一两种。有学者又对河南渑池班村仰韶文化彩陶进行过分析，认为其黑彩系赤铁矿、磁赤铁矿、锌铁矿；红彩系磁赤铁矿、赤铁矿；白彩系非晶铝土矿[84]。陶衣应是釉的前身，但因其助熔剂量较低，加之烧成温度不高，故不能熔化，起不到釉的作用。彩陶是仰韶文化时期一项重要的艺术成就，由于它的出现，把新石器时代的陶器打扮得光彩夺目，在中国艺术史、世界艺术史上都占有重要的地位。

表 1 -3 -2　　新石器时代部分陶衣、彩料化学成分

名　称	成分(%)										文献
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	
河姆渡彩陶白衣	56.32	32.5		1.62							[24]
河姆渡彩陶黑衣			6.44		0.67	0.5	1.49	0.1	<0.01		[24]
大墩子彩陶白衣	68.58	19.19	2.26	1.64	1.55	0.7	1.6	0.3	0.08	0.01	[24]
郑州大河村彩陶白衣	55.46	27.39	3.07	1.04	2.96	1.03	2.55	0.66			[24]
郑州大河村彩陶褐衣			6.42		4.6	1.0	2.52	0.81	2.75		[24]
大墩子彩陶褐衣	52.6	12.21	12.89	0.88	2.25	0.8	2.09	1.03	5.5		[24]
大溪文化彩陶表面红衣	59.99	15.4	9.45	0.01	1.06	0.48	1.91	0.26	0.23		[23]
大溪文化彩陶表黑彩	60.63	8.47	12.73	0.01	1.53	0.78	1.39	0.39	6.36		[23]

彩陶与彩绘陶是不同的：（1）工艺操作不同。彩陶是先绘后烧，彩绘陶则是先烧后绘的。（2）彩料性能不同。彩陶的彩料须经受高温的物理化学变化，必须是烧成后色相稳定的矿物颜料，故选料范围较窄。彩绘陶则无须再经高温，其色料可以是矿物颜料，也可以是有机染料，故选料范围较宽。（3）用途不同，彩陶



是实用器；彩绘陶主要用作明器①。

看来，追求艺术是人类天生的一种特性，还在原始社会，在茹毛饮血的洪荒蒙昧时期，人们就开始了美化自己的生活，便把自己的艺术情怀和美好情操，倾注到了最为简单的生产活动中；人们活着的时候追求艺术，离去时，还要把这种美好情操带到天国中去。不管彩陶还是彩绘陶，都给后人留下了许多难得的艺术珍品和对历史的美好回忆。

五、陶窑的产生和发展

陶窑是烧造陶器的基本设备，它对烧造温度和气氛的控制，以及产品质量之提高，都具有十分重要的意义。

最早的陶器可能是无窑烧造，即露天烧造的，之后才发展到了有窑的阶段。贾湖文化曾发现有大量红烧土块和红烧土粒，这很可能是露天烧造的残迹[16]。我国今见最早的陶窑属新石器时代中期的舞阳贾湖文化[16]、裴李岗文化[18]，只有这两处，计约 10 座，新石器时代晚期便普遍地推广开来。因北方地下水位较深，故从仰韶文化、龙山文化，直到西周，我国北方陶窑都是地穴式，即穴地为窑的，东周之后才开始建到了地面上②。截至 20 世纪 80 年代初期，新石器时代陶窑已发现 100 多座[25][85]，主要分布于黄河流域，少数分布于鄂、湘和辽西等地。

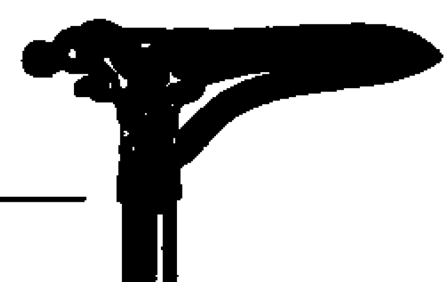
新石器时代陶窑的结构主要包括四大部分：即火膛、火道、火眼和窑室。火膛是燃烧室，窑室是陶坯烧造室，火眼是高温火焰由火道进入窑室的小孔洞。有的火眼位于窑壁与窑底之间，环底一圈布列；有的位于窑底并构成窑箄；也有部分陶窑没有火眼，只在窑室底部构筑一些窑柱，并形成道沟作为火焰通路，陶坯便放在窑柱上烧造。窑箄可用草拌泥制成；窑柱可在黄土上挖成，也可专门砌成。燃烧产生的高温火焰流经火道、火眼，进入窑室，最后从窑顶逸出。当然，这种具有四大部分的陶窑应是稍见成熟了的形制，主要见于新石器时代晚期，新石器时代中期陶窑的烧造室与燃烧室往往还是混而为一的。烟囱也是陶窑的重要组成部分，今见于报道的新石器时代陶窑中，唯一座南方陶窑设有烟囱，北方陶窑虽然发现较多，有烟囱者却一座也未看到。

依火眼与火膛相对位置之不同，新石器时代陶窑又可分为卧穴式（又叫横穴式）和竖穴式两种；其主要区别是：前者的火膛与窑室间相差一段较大的水平距离，呈卧式布置；后者的火膛与窑室大体处在同一竖直方向上，呈立式布置。从贾湖的陶窑情况看，这两种形式大体上应出现于同一历史时期，但因卧式陶窑构筑较为简便，故它最先得到了较好的发展，在裴李岗文化和仰韶文化时期都较盛行。早期卧穴式窑的火膛与窑室大体处于同一水平面上，后来才发展成斜坡状，窑室高于火膛。竖穴式兴起稍晚，大体上是庙底沟二期文化、龙山文化及其之后才盛行的。

---

① 明器。《礼记·檀弓上》："其曰明器，神明之也。"郑氏注："言神明，死者也。神明者，非人所知。故其器如此。"后人又写作冥器。

② 今日所见新石器时代窑址，绝大多数都是属于中原和北方的。所谓的穴地窑、横穴式、竖穴式等，都是指中原和北方窑来说的。南方地下水较浅，是否也经历过穴地窑的阶段，有待进一步研究，也不排除其一开始便是建到了地面上的可能性。



一般而言，古代陶窑的结构是否合理，主要应考虑下列三方面因素：（1）是否有利于提高火焰温度。（2）是否有利于改善高温火焰流的分布状态。（3）是否有利于窑内气氛的有效控制。一般而言，因竖穴式的火膛位于窑室之下，省下了横向延伸的火道，便增加了几何压头，减少了压头损失①，是有利于提高空气吸入量、强化燃料燃烧过程和提高窑内温度的。所以竖穴式较卧穴式更显得进步。当然，不管卧穴式还是竖穴式，其自身也有一个不断发展、不断完善的过程；同时，因自然条件之差异，各地筑窑方式也不尽相同。下面仅介绍几个主要遗址和主要类型。

贾湖文化陶窑。计 9 座，可分成坑穴式和横穴式两种，前者 7 座，后者 2 座。总体上保存较差，形状相当原始，甚至只有一个凹坑[16][17]。坑穴式窑中 4 座是新挖的，3 座是利用旧窖改造的。新挖 4 座十分简单，总体为一圆形或椭圆形浅坑，圜底或平底，底部有一层厚 0.1 ~ 0.2 米的红烧土。烧造过程可能是这样：先在坑底铺一层柴草，之后架一层陶坯，之后柴草与陶坯层层相隔，最后铺一层柴草并用泥封抹，捅出若干烟孔，在一侧点火。发掘者认为，此贾湖坑穴式应是平地露天封烧的改进型，是竖穴式陶窑的原始形态。横穴式窑的窑室呈圆形或近似于圆形，一侧有火门，另一侧有 1 ~ 2 个出烟口，有的还保存有火道、烟道和窑壁。皆属贾湖文化二期。具体操作可能是这样：先挖一坑穴，并将之修成平底以作火台；又在窑室中间或周壁挖一火道，其一端通到窑室以外为火门，另一端修出一孔眼为烟道和出烟孔；坑壁上涂有一层厚约 0.1 米的泥浆为窑壁；陶坯置于火台上，烧造时窑顶封闭。不管坑穴式还是横穴式，其窑室与火膛皆处于同一个空间。

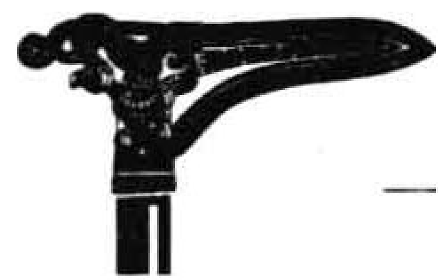
裴李岗文化陶窑。目前发现较少，构筑也较原始。1978 年裴李岗发现一座卧穴式窑，横断面总体呈瓢状，窑径 0.96 米，深 0.52 米，窑底为圆形。火道长约 0.8 米，深 0.6 米，宽 0.5 米[18]。窑室南壁有 5 个半圆形残孔眼，直径约 6 ~ 8 厘米。窑壁、窑底、火道之壁都有一层厚厚的烧土。火膛与窑室大体处于同一空间，与火道一起，皆处于同一水平面上。

新石器时期晚期，陶窑技术有了发展，不但窑址数和窑口数发现较多，而且火膛与窑室多数都已分开，各部结构和尺寸更趋合理，窑体结构基本定型，人们为提高窑温、改善火焰分布状态，采用了许多有效措施。大家较为熟悉的窑址和窑口有：西安半坡 6 座[46]，山西芮城东庄村 9 座[42]，临潼姜寨 4 座[71]，华县柳子镇 6 座[86]。这些陶窑多为卧式，如半坡 6 座窑中便有 5 座卧式，一座竖穴式。

半坡陶窑火道分布情况通常是：三条火道倾斜向上伸展至窑室底部，并在底部汇成一个圆形通道；窑室横断面近于圆形，直径约 0.8 米；紧贴窑的周壁残留有 10 个长方形火眼，火道通过火眼而与窑室相通。火眼尺寸为：长 6 ~ 17 厘米、宽 2 ~ 5 厘米，接近火道的火眼较小，离火道远的较大。窑室内壁涂有一层厚约 5 ~ 8 厘米的细黄土。看来，这半坡窑的构筑已达一定水平：（1）火道倾斜向上伸展，

---

① 几何压头，气体力学专用术语，指的是单位体积气体所具有的相对位能。在陶窑和炼铁高炉中，也可把它理解为窑、炉内气体所具有的上升趋势。压头损失便是气体流动过程中，由于摩擦、冲击等原因造成的能量、上升趋势受到的损失，亦称阻力损失。



有利于减少压头损失。(2) 火眼稍多，大小视需而定，有利于改善火焰分布状态；(3) 外涂黄泥；半坡6号窑，及其他许多仰韶陶窑还涂有草拌泥。与半坡3号窑相类的火道、火眼分布法在陕西邠县下孟村[87]、陕西华县柳子镇[86]都可以看到。柳子镇的窑室平面为圆形，直径0.8~1.5米；窑壁上端微微内倾，窑顶很可能为半圆形，这对于窑内保温和气氛控制都具有重要的意义。陕西华阴横阵窑也呈现了口小底大的结构[88]。

安阳鲍家堂仰韶陶窑又别具一格，它在许多方面都较为进步，如：(1) 窑址不选在平地，而是在斜坡上；窑室建在上坡，火膛建在下坡；窑箄比火门口高出0.7米。(2) 不但设有两股主火道，而且在主火道外侧各设有三股垂直伸出的分火道与窑室相通，使火道横断面呈"非"字形布置，有利于改善火焰分布状态。郑州林山砦仰韶文化陶窑也显示了与此相类的结构（图1-3-4）[89]。(3) 火眼开在窑室底部，并构成了窑箄，有利于增大几何压头、减少压头损失。(4) 箄孔较多，今仍可见17个，也有利于改善火焰分布状态。(5) 与柳子镇窑相类似，窑室上小下大，呈土包式。窑室底部设有两个圆柱状的窑柱，其除放置陶坯外，客观上也起到了引导火焰运动的作用。

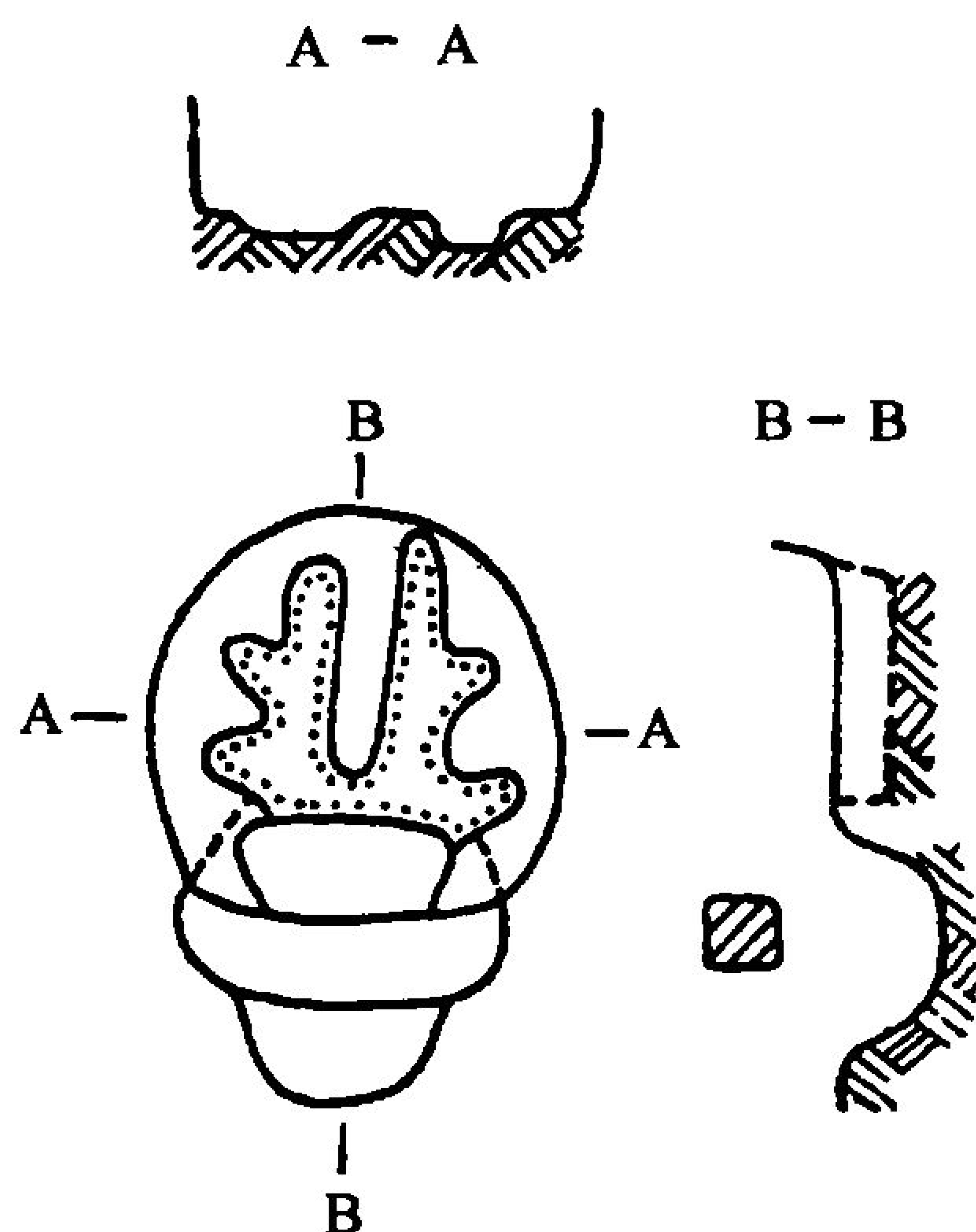
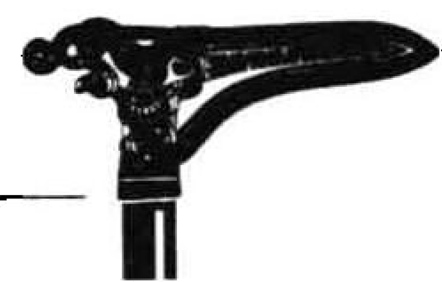


图1-3-4 郑州林山砦仰韶文化陶窑平面剖面图
采自文献[89]

河南偃师汤泉沟仰韶晚期竖穴式陶窑又进了一步，尤其是窑箄结构。此箄近于圆形，与窑壁之间留有6个宽度为3.0~4.0厘米的弧形火眼；此火眼是以草拌泥块间隔而成的，窑箄中部留有一个直径约5.0厘米的火眼（箄孔）。火膛位于窑室之下，直径约0.94~1.0米，较窑室稍小。火膛中部竖立有两个支撑窑箄的横列窑柱。窑柱皆束腰状，断面呈椭圆形。在窑箄和窑室的外围又糊了一层草拌泥，结构更为牢固[90]。

红山文化陶窑。基本形制与仰韶卧穴式相似，但也有一些不同。如昭乌达盟四棱山1号窑，呈马蹄形，窑长1.4米，宽1.38米；由火门至窑室亦呈斜坡式升高，窑室内置有4个排列有序的窑柱，后排两个为圆角方形，前排两个为圆角三边形，窑柱间形成十字形火道；因窑柱形状特殊，故可起到良好的分火作用。窑室与窑柱皆用石块砌成，窑室抹以泥土，窑柱抹以草拌泥。又如四棱山6号窑，属双火膛的双联室窑，窑室为长方形，2.7米×1.0米。窑室与火膛间有一隔梁，斜坡状的火道经由隔梁进入窑室，窑室内设有8个窑柱，正对火道的4个为圆角三边形，其余四个为圆角四边形和圆形，窑壁与窑柱皆土石结构，外表抹草拌泥（图1-3-5）[44]。这土石结构和双火塘在其他类型的原始文化中很少看到，尤其是双火塘联室窑，它扩大了火膛，便提高了窑温；又扩大了窑室，提高了产量，是



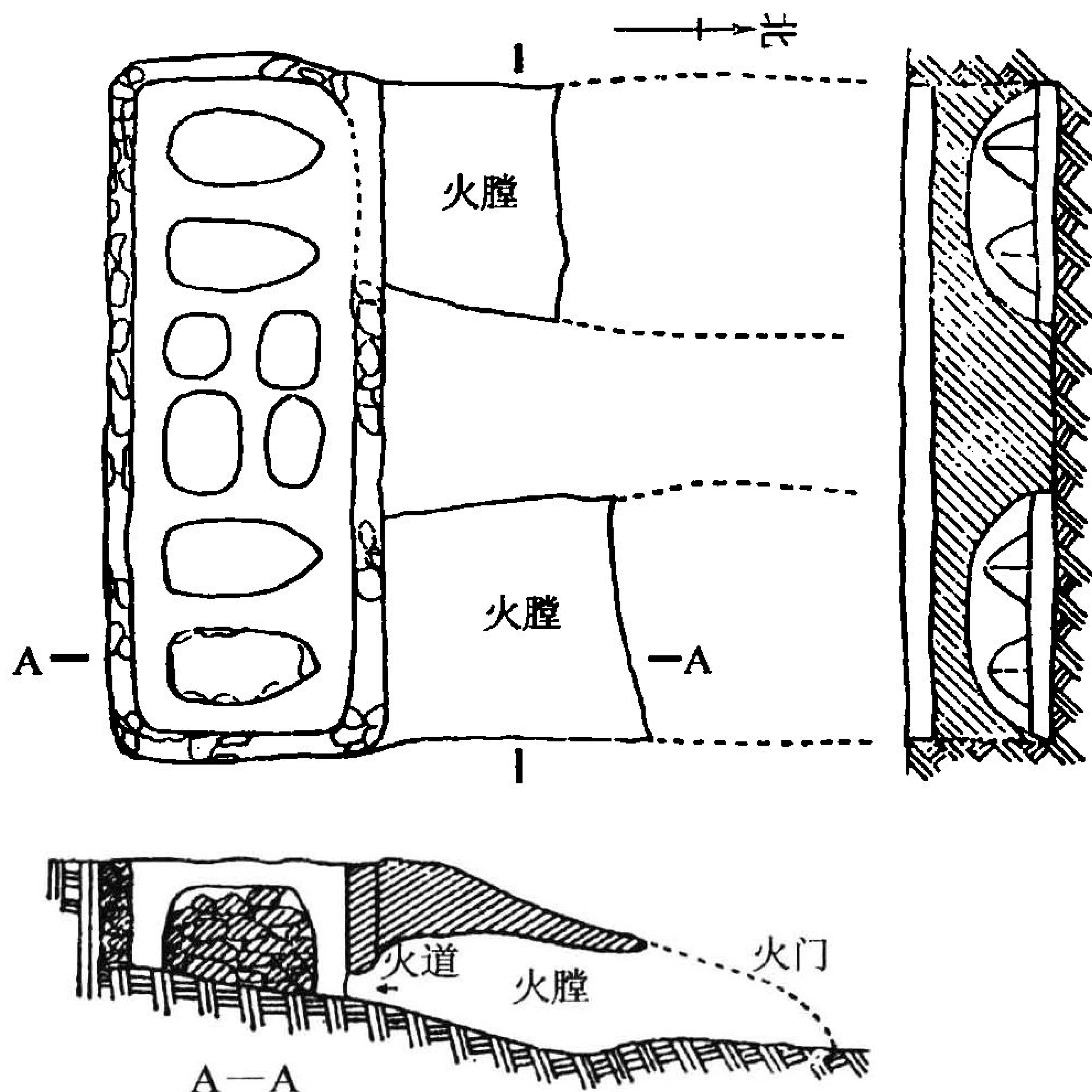


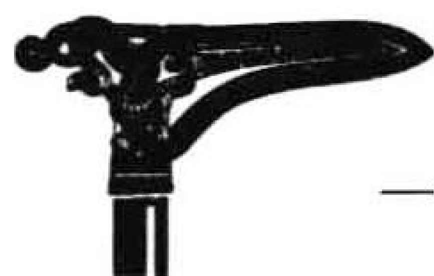
图 1-3-5　红山文化四棱山双联室陶窑（6 号）

采自文献[44]

相当进步的窑型[91]。

1996 年山西垣曲宁家坡发掘出 2 座庙底沟二期陶窑，结构基本相同，皆就生土挖成，均有火膛、火道、窑室、窑门、出烟渗水口等部分。窑身纵剖面近于梨形，上小下大，火膛位于窑室前方，窑室位于出烟道上，顶部为出烟口。发掘者认为，出烟口还兼有渗水口的作用。其火道亦分为主火道、分火道和支火道。主火道计有 2 条，由火膛直通到窑室后壁；近火膛的一段为暗火道，窑室下部为明火道；火道底部并非平直，其近火膛 0.6 米处升高了 0.4 米，向窑室伸展过程中是逐渐升高的。主火道两侧各有 5 条分火道，与主火道呈 60 度夹角；分火道底部亦呈斜坡状，近主火道处较深。火道之间有隔梁，亦为生土挖成，其长短和宽窄皆不尽相同。火道上方置有大小不等的草拌泥块，可起到调节火力的作用。隔墙表面涂有草拌泥，显得较为平滑。显然，这种火道构筑有利于火焰的均匀分布，并减少压头损失。窑室位于火道上方，底平面为圆形，直径 1.7 米，周壁向上呈弧形内收，窑顶正中为圆形的出烟渗水口，直径 0.4 米。窑室整体呈穹隆状（图 1-3-6）[92]。保存这样完好的炉窑已往看到的不多，尤其是它的窨水结构。

庙底沟二期和龙山文化陶窑。多为竖穴式，仰韶时期流行的卧穴式多被淘汰。此期陶窑的主要特点是火膛加深，火道和火孔数增多，窑室亦稍有加大；河南陕县庙底沟龙山文化陶窑是其中一个较好的类型[41]。其为竖穴式，窑室呈椭圆形，直径 0.93 米×0.78 米，窑壁残高 0.48 米，有一定弧度，可能原为半球状窑顶。火膛作长方形竖穴，长 0.94 米、宽 0.6 米、深 0.96 米，它深入到了窑室下部。这



种既大且深的火膛，显然有利于提高燃烧量和增加几何压头。其火道分作 8 股，由火膛向上进入窑室底部；火道长 0.1～0.36 米、宽约 0.07 米、高约 0.08 米；窑箅上分布有 25 个大小不一的火眼；离火膛远处火眼稍大，近处稍小；火眼的纵剖面是下大上小的（图 1－3－7）。这都有利于改善火焰的流动和分布状态。这种半球状的窑顶结构在长安沣西客省庄二期[93]等陶窑中也可看到，说明此技术在龙山文化时期已得到了较为普遍的应用。另外，庙底沟窑的火口、火膛、火道都是由生土挖出轮廓，之后再涂草拌泥的；窑箅亦由草拌泥制成，说明窑体保护技术亦得到了较好的推广。

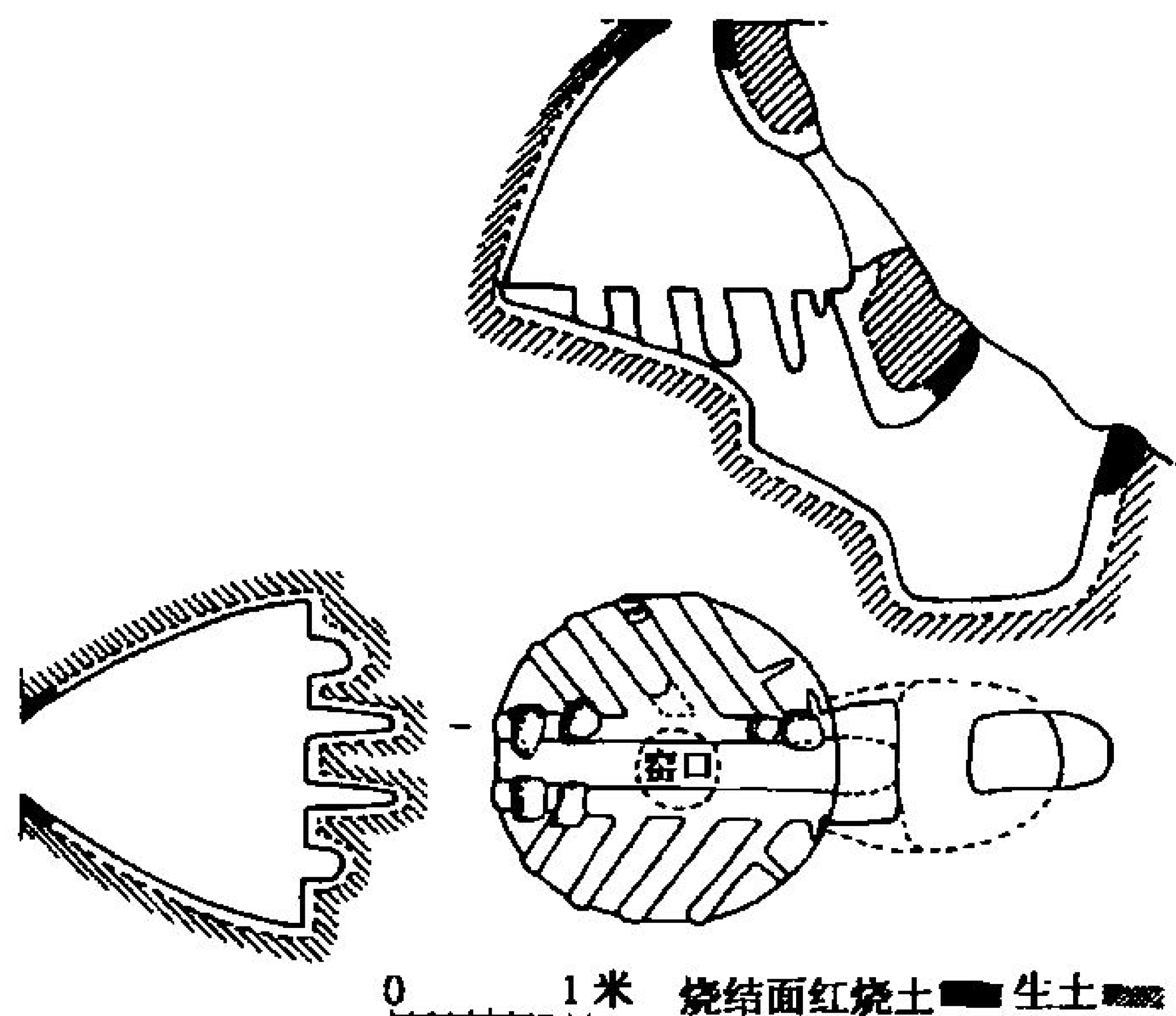


图 1－3－6 垣曲宁家坡庙底沟二期陶窑（Y501）平面剖面图

采自文献[92]

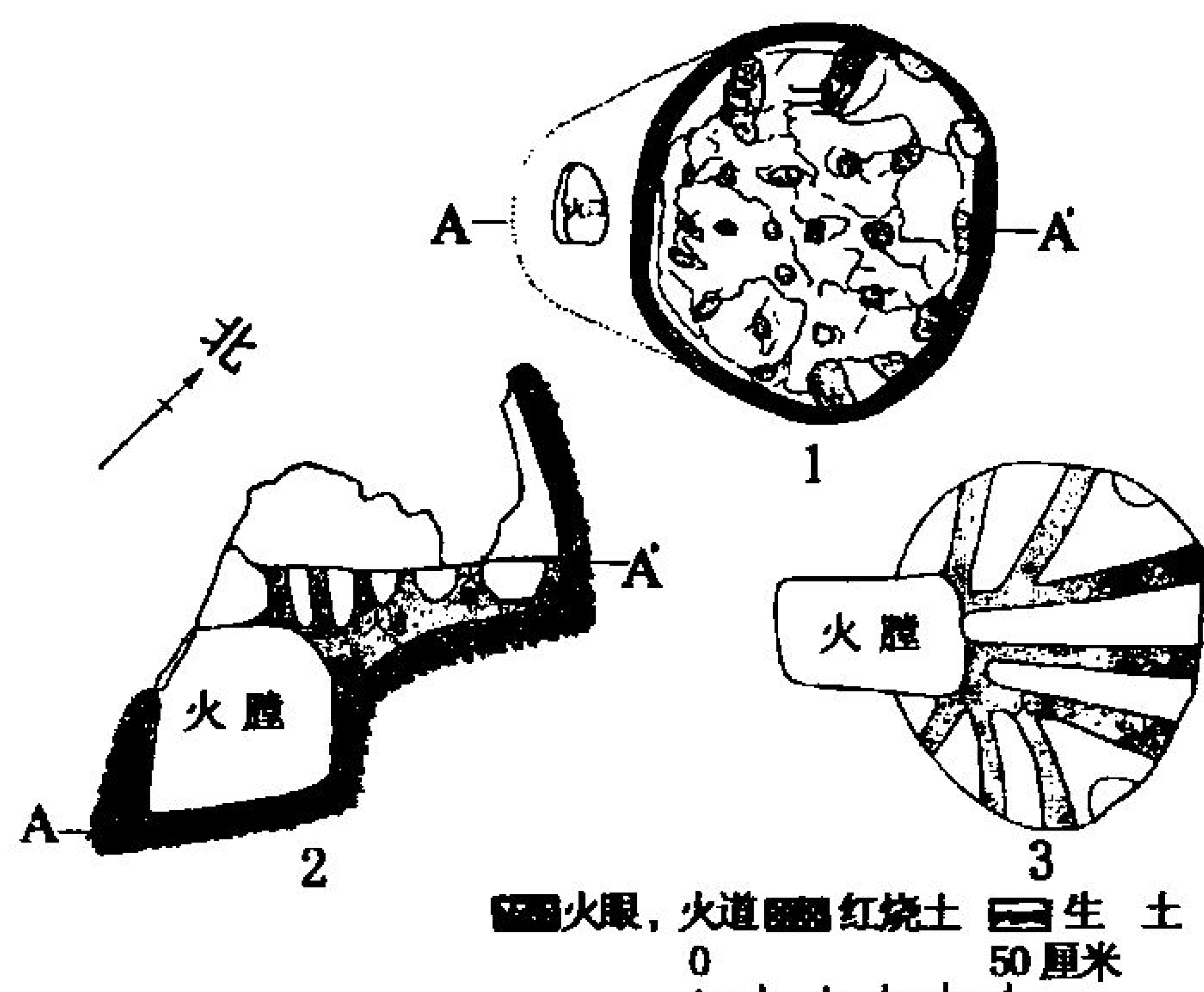


图 1－3－7 庙底沟龙山文化陶窑平面剖面图（Y1）

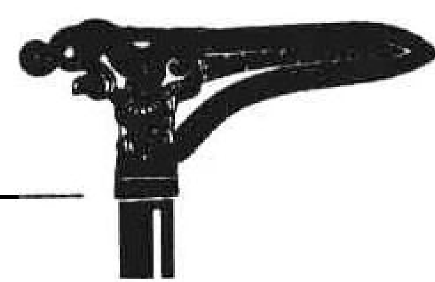
1. 窑箅平面图 2. 窑内结构剖面图

3. 火道平面图

采自《庙底沟与三里桥》第 21 页

新石器时代陶窑在南方发现较少，目前仅知 1979 年湖南安乡县划城岗报道 1 座，总体亦呈瓢状，可清楚地分辨出火道、火膛、烟囱 3 个部分。火膛下半部挖在生土中，上半部（高约 40 厘米）用大块红烧土垒成，窑壁残高 80 厘米，火膛直径 1.2 米，没有窑箅。窑壁内侧有一周放置陶坯的平台，其高 30～40 厘米、宽 20 厘米，火道长 1.15 米、宽 0.5～0.54 米，呈斜坡状。烟囱与火道相对，火道两边和烟囱都用大块红烧土垒成，约相当于大溪文化中期[102]。其与前述北方新石器时代晚期陶窑有两点差异：（1）其火膛与窑室仍处同一个空间，显示了一定的原始性。（2）其有烟囱（图 1－3－8），这是一项较为进步的措施。除安乡外，南方新石器时代陶窑可能还有一些，有的则尚未报道。

我国新石器时代陶窑数量和种类都较多，早在 20 世纪 80 年代，就有学者对其进行过一些专门研究，有的学者还把新石器时代到西周的陶窑分成了三型 18 式，即横穴型 7 式，同穴型 5 式，竖穴型 6 式，对人们了解我国古代陶窑结构都有一定帮助。



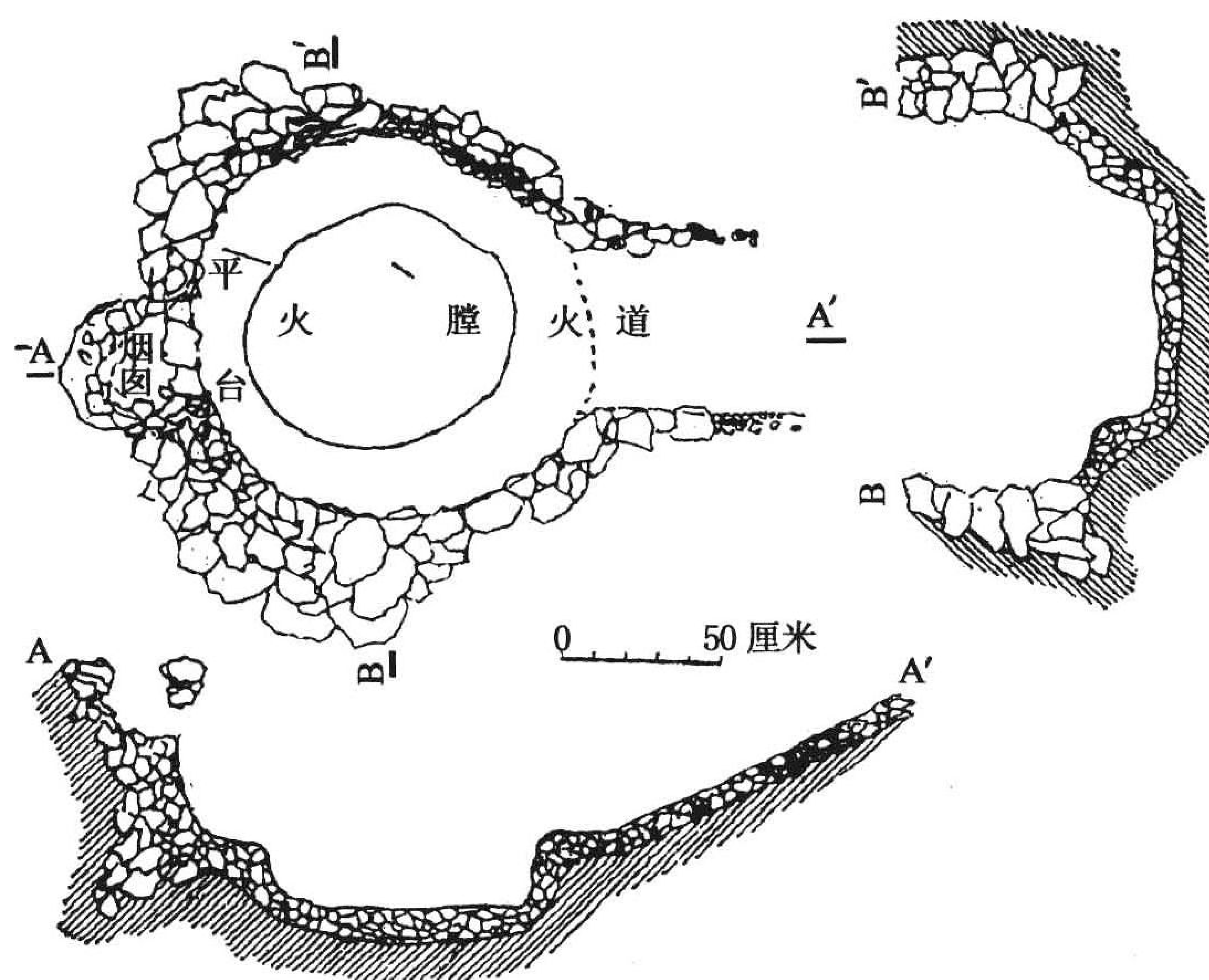


图1-3-8　湖南安乡县划城岗陶窑

采自文献［102］

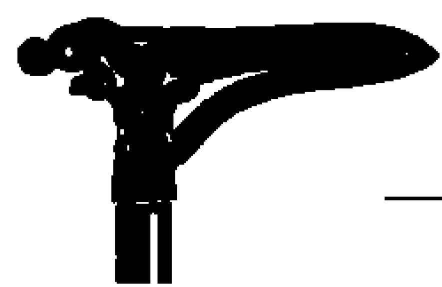
六、早期陶器的烧造技术

（一）烧造操作的一般情况

坯体制成，并经完全干燥后便可入窑烧造。因窑内气氛、温度控制和渗碳情况不同，所出陶器常见有红色、灰色、黑色等不同色态。早期陶器以红胎见多，晚期则以灰胎见长，黄河下游等地还可看到较多的黑陶。颜色的变化，反映了窑内温度、气氛控制技术之提高和整个烧造技术之进步。

人类最早烧造的陶器，应是无窑，即露天烧造的，烧成温度较低，皆为氧化焰，基本上皆属红陶。类似的操作今世在云南傣族、佤族原始制陶工艺中仍可看到。景洪傣族烧陶常在专门的小屋中进行，堆烧前先用竹皮、木柴在地上堆摆成一个方框，后再在上面铺一层很厚的树皮、碎竹片和稻草。把陶坯放在稻草上，先放大罐，四五个或七八个一行，计放三四行。一个罐的底部与另一个的口部相接，中间夹以器盖等，上面再放小罐或其他器物。均使口部向下，旁边有时再放几个器物，其口向内；如此积叠成堆，其上其外再盖稻草，以沙浆上下封闭，后从四角点火；保持小火状态，缓慢燃烧。后封闭四角火口，在每边和顶部各通开10余个小孔，以形成空气流道。从点火到窑室冷却，约需10～12小时。沧源傣族的烧造术显得更为原始，把陶坯堆放在一块露天的平地上，下垫上盍柴草，敞开烧造，没有以沙浆涂抹、封闭等操作，产品基本上都是红陶[45]。

从无窑到有窑是制陶术一次飞跃性发展，从卧穴式到竖穴式窑则又是一次较大的发展。但总的来看，新石器时代的制陶水平还是较低的，火膛、窑室较小，窑的高度不足，没有烟囱等，故空气吸入量不大，燃料燃烧强度较小，窑温不高；

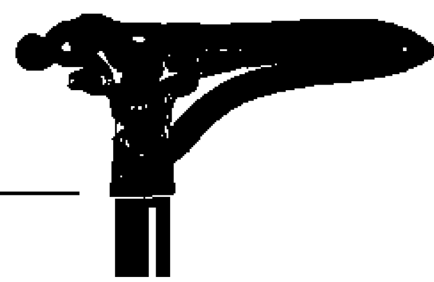


早期气氛控制亦较差。燃料多数是一般性柴草。从大量考古实物的检测情况看，此期陶器烧造温度多处于800℃~900℃间，但各地又不尽相同。如：裴李岗—磁山文化红陶为900℃~960℃；仰韶文化彩陶为900℃~1000℃；中原龙山文化早期灰陶为840℃，中原龙山文化晚期红陶、彩陶为1000℃；大汶口文化红陶为1000℃，白陶为800℃~900℃；大溪文化诸陶系均600℃~800℃；屈家岭文化彩陶和灰陶为900℃；赤峰红山文化红陶为900℃~1000℃[25]。可见由裴李岗—磁山文化到龙山文化，烧成温度并无太大差异，唯见南方的稍稍偏低。1990年，有人又对长江中游新石器时代陶器作了一番研究，认为其烧成温度一般为650℃~950℃[94]，与前述基本一致。此烧成温度之高低，主要与原料成分和窑炉结构等因素有关。一般而言，陶土含硅、含铝量稍高者，烧成温度亦稍高，含助熔剂总量稍高者，烧成温度则稍低；北方陶土往往含铝量稍高，故烧成温度往往稍高。烧成温度的下限是其必须陶化，即组织中应出现部分玻璃相，各组分的边缘须开始熔合、粘合；上限是坯体不软化、不变形，更不能烧流，石英颗粒通常依然保持原有晶型和外部形态。

（二）关于气氛控制和灰陶工艺

所谓气氛，在此即指窑内高温炽热气流的成分，这是冶金、陶瓷工艺的常用术语。一般而言，若空气流通，供氧充足，窑内游离氧含量达4%以上，便属氧化性气氛，或叫氧化焰；若空气不流通，供氧不足，窑内游离氧含量小于1%，一氧化碳含量达2%~4%间，便属还原性气氛，或叫还原焰。这两种气氛都有强弱之分，若一氧化碳含量达4%时，便可视为强还原气氛，若只有2%，便属弱还原气氛。在氧化焰中，陶器内的铁大部分转化成了Fe^{3+}，陶器呈土红色，习谓红陶；在还原焰中，大部分铁转化成了Fe^{2+}，陶器呈灰色到灰黑色，习谓灰陶。古人控制气氛的方法，大约主要是在烧成末期封闭窑顶，以及从窑顶上窨水入内；类似的操作今在某些旧式的砖瓦业、制陶业中仍可看到；若不加控制，任其燃烧，一般皆呈氧化焰的。所以还原焰烧造其实是分了两步的，前个阶段仍烧氧化焰，只是临近末了时才烧还原焰的。从考古资料上看，灰陶出现的时间也是较早的，但在新石器时代早期、中期，及至晚期的早段和中段，都以氧化焰为主，以红陶居多的，到了新石器时代晚期的晚段，或说铜石并用时代，才出现了以还原焰为主，灰陶居多的情况。当然这转变时间各地区亦有先有后，南方稍早，大约在屈家岭文化时，还原烧成便占居了主导地位；中原和北方稍晚，大体是到了山东龙山文化及其与之相当的年代，或说铜石并用时代后段，才以还原焰为主的。

1977年发掘的裴李岗生活用陶器几乎都是红陶，唯个别采集品为灰陶。这大体上反映了新石时代早期、中期气氛控制的部分情况。新石器时代晚期及至铜石并用时代，这情况才发生了变化。如庙底沟4个仰韶文化灰坑所出红陶（包括细泥红陶和夹砂粗红陶）计14415件，占去陶片总数的89.64%；灰陶只有泥质陶一种，计1663件，占10.34%，黑陶只有细泥质一种，计4件，只占陶器（片）总数的0.03%。其龙山文化期3件灰坑，灰陶量急剧增加，计出土3825件，占去陶器（片）总数的97.07%，黑陶（唯细泥质一种）增加至35件，占陶器总数的0.88%，红陶只有泥质的一种，计81件，占总数的2.05%。三里桥亦大体如



此[41]。其他地方也有类似情况。可知裴李岗文化使用的主要是氧化焰，庙底沟和三里桥的龙山文化陶窑所用则主要是还原焰。龙山文化烧造技术的进步，在陶器颜色变化中得到了清晰的反映。

灰陶至迟出现于甑皮岩下层，1965 年甑皮岩下层所出土的 921 件陶片中，便有 242 片灰陶[13]；万年仙人洞两次发掘时，下层无灰陶，但上层都有灰陶；1962 年时，上层计出土陶片 56 件，其中红陶 29 片，灰陶 27 片[9]；1964 年上层计出土陶片 79 件，其中红陶 76 片，灰陶 3 片[9]。1995 年，河南巩义市瓦窑嘴裴李岗文化遗址也出土少量灰陶[95]。但这种新石器时代早、中期灰陶很可能是气氛不稳定，而无意烧成的。

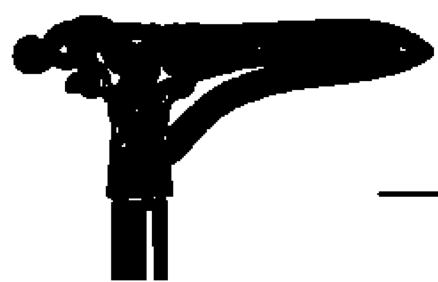
白陶是陶器中的一个低铁品种，新石器时代的白陶虽有高镁质、高铝质、高硅质 3 种，但它们的一个共同特点是含铁量都较低，因当时窑内气氛不易控制，若含铁量较高，就很难或根本不可能烧出白陶来。

（三）关于陶胎渗碳和黑陶工艺

黑陶是一种从里到外皆呈黑色的陶器，始见于新石器中期，在中期的裴李岗文化[95][96][97]、贾湖文化二期、新石器时代晚期的河姆渡文化一期（最下层）、大汶口文化、大溪文化、马家浜文化等都有出土；河姆渡一期计出 34695 件陶片，皆为夹炭黑陶和夹砂黑陶[49]。山东龙山文化、中原龙山文化、屈家岭文化时，黑陶技术有了较大发展，其中尤其是山东龙山文化黑陶，其薄如蛋壳，习谓蛋壳黑陶。泰安大汶口遗址晚期墓葬出土 7 件泥质黑陶高柄杯（Ⅷ式），陶质细腻，表面透黑，器壁匀薄，厚度不超过 2 毫米[34]。西夏侯遗址出土黑陶杯 17 件，均为细泥质，乌黑发亮，口部腹部厚度仅为 0.15 ~0.2 厘米[74]。前面提到，姚官庄出土的蛋壳陶仅 0.5 毫米，大溪文化第二期黑陶较少，第三期有所增加，第四期猛增[31][32]。我国古代蛋壳陶可区分为蛋壳彩陶和蛋壳黑陶两种，如前所云，蛋壳彩陶始见于大溪文化时期[31][68]。

从大量研究资料看，黑陶工艺与灰陶是不同的，它主要是在氧化性气氛中烧成，只是烧造行将结束时，用烟熏法进行了渗碳；黑陶之“黑”原是渗碳造成。这有两方面的依据：（1）从科学分析看，黑陶的铁还原比值高于红陶而低于灰陶，说明其铁氧化程度较灰陶高，较红陶低。同时，黑陶胎的化学成分与一般红陶、灰陶无大差别，而含碳量、灼减量却较高。（2）类似的烟熏渗碳工艺今在山东日照县萝花前村仍可看到，具体做法是：烧造行将结束时，用泥封住窑顶和窑门，并从窑顶徐徐灌水入内，于是浓烟顿起，遂将陶器熏黑[26]。有学者还进行过类似的试验，也取得了良好的渗碳效果[32]。渗碳时间可长可短，若时间较长，则整个胎心皆呈黑色。从考古发掘看，一般黑陶都是较薄的，尤其在山东龙山文化中，看来主要是为了便于渗碳的缘故。

黑陶是我国古代制陶工艺的一项重要成就，从成型到渗碳都反映了相当高的技艺。因其炭粒可填充到陶胎的孔隙中，故黑陶的孔隙度较灰陶和红陶皆低，结构也就更为紧密，在相同条件下，也就更为坚固。缺点是：器壁一般较薄，从而强度较低，这就影响到了它在日常生活中的使用范围。据说南美印第安人也有一种黑陶工艺，操作“是将它们放置于松脂烟的大火焰上，使其光滑、色黑与坚实”[26]。



（四）关于夹炭陶的烧造工艺

夹炭陶的烧造制度，看来并非是完全一致的。大溪文化、屈家岭文化的夹炭陶是在氧化性气氛中烧造的，故器表呈现红色；其胎心却呈黑色，是稻壳未完全燃烧所致[28][29][31]。河姆渡夹炭陶断口呈黑色，有人认为，它是在燃烧温度较低、烧成方法较为原始的情况下，在较强的还原性气氛中烧成的[27]；其胎作黑色，主要是还原性气氛，以及植物炭所致。

（五）关于黑衣陶、黑皮陶的烧造工艺

“黑衣陶”和“黑皮陶”是两种渗碳时间都较短，仅表层呈黑色，内胎仍呈红色或灰色的陶器；前者涂有陶衣，后者未涂陶衣；其在大汶口文化、大溪文化、马家浜文化、良渚文化等遗址中都常看到，尤以良渚文化的最为典型。一般认为，它们都是采用烟薰渗碳法致黑的，且有窑内渗碳和窑外渗碳之别。窑内渗碳工艺与前云蛋壳黑陶相近，若胎壁较厚，或保温时间较短，渗碳层便仅及表层，便可得到“黑衣陶”或“黑皮陶”。从传统工艺调查、模拟试验等多方面研究来看，窑外渗碳则较复杂，又有单件渗碳、扣合渗碳、重叠渗碳、涂刷渗碳、贴木渗碳等种操作[31][32]。至于古人采用何法，则有待进一步核实。室外贴木渗碳亦见于今云南佤族制陶工艺，具体操作是：将烧好的陶器从炭火中取出，另一人手持一种称为“斯然”的褐色胶质物趁热涂在陶器的口沿或周身[63]，此“斯然”便是一种“渗碳剂”，此法应属窑外渗碳。

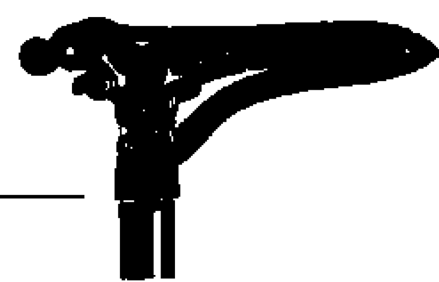
总之，我国新石器时代陶器品种繁多，它们的流行年代、工艺条件，彼此都有一定区别。从原料条件看，可区分为泥质陶、夹砂陶、夹炭陶、白陶；从烧成工艺看，又可区分为红陶、灰陶、黑陶、黑皮陶。夹砂陶、夹炭陶和泥质陶在新石器时代中期之前皆已发明，前者和后者在新石器时代晚期及至之后仍有使用，且南方、北方都广为流行；夹炭陶主要流行于南方，铜石并用时代之后便很少看到。

红陶、灰陶、黑陶，皆始见于新石器时代早期、中期。前二者主要是由陶胎成分和窑内气氛决定的，后者则主要与渗碳情况有关。在裴李岗、磁山文化时期，陶窑一般皆为氧化焰，故其产品一般为红陶；仰韶文化时期，虽仍以氧化焰为主，但还原焰明显增多，灰陶便明显增加；龙山文化时，许多地方都以还原焰为主了，灰陶便占据了主导的地位。黑陶是在烧成的最后阶段渗碳造成的。这些不同颜色的陶器，最初大约都是无意中得到的，仰韶文化之后便进到了有意制作的阶段。

彩陶亦始见于新石器时代中期，而盛行于仰韶文化、马家窑文化时期，它与陶衣同样，其颜色都是由彩料的成分决定的；一般皆在氧化性气氛中烧成。据李文杰惠告，唯关庙山遗址大溪文化中见到过一片蛋壳彩陶是在还原焰中烧成的，为灰地黑彩。

白陶的颜色主要是由胎料成分决定的，气氛对它没有影响。

实际烧造过程是十复杂的。由于多方面原因，窑内的温度、气氛会经常发生一些波动，所以陶器的颜色也会产生一些变化。在考古发掘中，常见一些陶器表面总体为红色，但却夹杂有一些灰斑或黑斑；从傣族原始手工制陶工艺看，此应是烧造过程中陶坯与燃料接触局部渗碳等所致。另外还有一些灰胎红陶，则应是



经还原性气氛烧成之后，临近熄火前窑内突然吸入了较多新鲜空气，使表面受到氧化而发红；即是说，灰胎红陶的器表呈红色，是二次氧化所致的。

七、关于原始瓷

原始瓷是介于陶和瓷之间的低级瓷器。它的基本特征是：（1）外表覆盖一层高温釉，其色青灰、青黄或青绿。（2）胎一般为高硅质，且多已瓷化，含有一定数量的莫来石晶体①和相当数量的玻璃态，也有一定数量的气孔，其色灰白、深灰、黄灰及至更深的色调。胎较致密，具有一定光泽，较为坚硬，敲击时能发出类于金属之声。（3）烧成温度较高，吸水率较低。“原始瓷”之说是1960年安金槐最先提出的[98][99]，20世纪七八十年代之后，渐为我国学术界接受。前此，这类器物习谓之“釉陶”。但我国古代原始瓷出现于何时，迄今为止，学术界依然是存在不同看法的。其中一种说法认为其始应见于龙山文化晚期，或说夏代初期②。

据报道，1976年，山西夏县东下冯龙山文化晚期遗址出土20多件原始瓷器，器形有罐、钵等，多为素面，有的饰篮纹、方格纹。器表施以青绿色薄釉，胎多青灰色，质地坚硬，胎釉结合较为紧密，烧结温度较一般陶器稍高，烧结较好，吸水率较低，击之铿锵有声，已具有商周原始瓷的一般特征。但不足的是釉色不纯，或青中泛黄，或黄中泛绿，断口较粗，且有气孔，胎色往往青灰，无透光性。东下冯龙山文化早期约与庙底沟二期文化相当或更早，其晚期约与洛阳王湾三期相当，据^{14}C年代测定，约在公元前2000年左右，即已进入夏纪年[100][101]。

又有学者认为，江苏宜兴良渚文化遗址也出土过原始瓷，其瓷釉成分为SiO_2 56.53%、Al_2O_3 13.38%、Fe_2O_3 2.52%、TiO_2 1.38%、CaO 16.58%、MgO 2.5%、K_2O 1.71%、Na_2O 0.65%、MnO 0.26%、P_2O_5 1.7%[103]，但形制未详。

此期原始瓷目前报道量还较少，上述标本是否可称之为原始瓷，学术界还存在一些疑虑。有学者认为夏代是否已经出现过原始瓷，目前尚无确切的依据，相当部分人认为我国原始瓷应始见于郑州商城二里岗文化下层[104]，或说商代中期[105][106]，而上述龙山文化、良渚文化的带釉硅酸盐人工烧制物，则仍属釉陶范围。我们认为此可进一步研究。从道理上讲，釉陶的发明年代应稍早于或不晚于原始瓷，若这批带釉的硅酸盐人工烧制物定为原始瓷的话，我们希望与此年代相当，或稍早的某个考古文化中看到带釉的陶器。

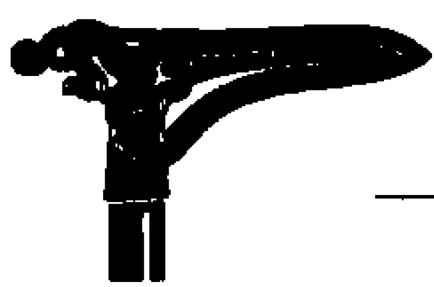
第四节 原始的机械技术

在人类各项生产技术中，机械技术也是萌芽较早的，旧石器时代的各种石质、骨质尖状器、锋刃器的使用，摩擦取火和弓箭的发明，飞石索和“复合工具”的

---

① 莫来石，亦名富铝红柱石，化学式为$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$，斜方晶系，无色，含杂质时带玫瑰红或蓝色，呈柱状或针状晶体。在煅烧粘土、高铝耐火材料及陶瓷时生成，是粘土砖、高铝砖、瓷器等主要组成部分。1910℃时熔融。

② 依“夏商周断代工程”，龙山文化晚期应归入夏代。但有关夏代早期都城考古遗址目前学术界尚无统一意见，故今依旧有观点将龙山文化晚期归于铜石并用时代（或说新石器时代晚期）。



出现，在机械技术史上都具有十分重要的意义。新石器时代之后，机械技术有了进一步提高和扩展，其中尤其是如下六个方面：（1）成套简单生产工具的出现和器柄使用范围的扩展；（2）舟和桨的发明；（3）小口尖底瓶的使用；（4）陶轮、陶车的发明；（5）纺坠、原始织机的发明；（6）砣具的发明和使用。后三方面因在“制陶”、“纺织”和“玉器加工”部分已经提及，这里主要讨论前三个方面。

有一点需顺带说明一下的是“机械”一词的含义，今学术界、产业界有不同理解。本书将遵循我国古代传统之说，把“机械”规定为“用力少而见功多”的器械，此“力”即人力、畜力和风力、水力等自然力。此说始见于《庄子·天地》篇以及《韩非子·难二》篇等著作。“天地”篇云：“子贡南遊于楚，反于晋，过汉阴，见一丈人，方将为圃畦，凿隧而入井，抱瓮而出灌，搰搰然用力甚多而见功寡。子贡曰：‘有械于此，一日浸百畦，用力甚寡而见功多，夫子不欲乎？’为圃者卬而视之，曰：‘奈何？’曰：‘凿木为机，后重前轻，挈水若抽，数如泆汤，其名为槔’。”“难二”篇说：“舟车机械之利，用力少，致功大，则入多。”两段文献的意思大体一致，皆长期为后世学者沿用。我国机械工程史研究创始人刘仙洲也是推崇此说的[1]。

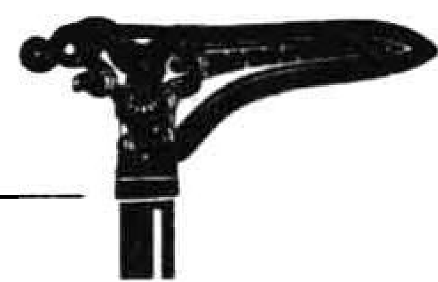
一、成套简单生产工具的出现和器柄使用范围的扩展

旧石器时代的工具，都是十分简单、粗糙的，且往往是一器多用的“万能工具”；新石器时代之后，由于农业的出现和磨光、穿孔技术的兴起，工具种类明显增多，分工越来越细，器形变得规整起来，也才出现了专门的、成套的工具。这些成套工具的出现和使用，促进了新石器时代社会生产的发展。此期的工具主要是石质，也有部分是木质和骨质；在马家窑文化、龙山文化晚期、齐家文化和四坝文化中，出现了少量的铜质工具。常见工具主要有斧、锛、锄、铲、镰、犁、镞、矛、镖、锥、针、锉、锯等。楔子发明较晚，有人认为它是由斧蜕变来的[2][3]。当然，从机械学角度看，这些工具依然是最为原始的机械，其中相当大一部分都具有尖劈的性质，其鼻祖当是西侯度旧石器时代的尖状器、砍斫器。下面主要介绍几种非金属工具，金属工具将在本章第六节提到。

（一）木工工具

主要包括斧、锛、楔、扁铲、锯、凿、锉等，其发明年代和使用状况都不尽相同。

1. 斧。是从原始型工具中较早分化出来的利器之一。目前在许多新石器遗址，如桂林甑皮岩、秦安大地湾一期、新郑裴李岗、武安磁山、滕县北辛、宜都城背溪等地都有石斧出土，而且数量较大，相当部分经过了仔细磨制。1973 年，桂林甑皮岩出土石器 63 件，其中磨制石器 32 件，而斧（10 件）、锛（13 件）便占去 23 件，此二者皆通体磨光，制作规整精细[4]。武安磁山第一期文化出土石器 193 件，其中有打制石斧 48 件，磨制石斧 45 件，打磨兼制石斧 10 件，石斧占石器总数的 53%；第二期文化出土石器总数为 687 件，其中打制石斧 107 件，打磨兼制石斧 56 件，磨制石斧 167 件，石斧占石器总数的 48%。在两期文化中，磨制、打磨兼制的石斧又占石斧总数的 64%。而纯磨制则占石斧总数的 48.9%[5]。如前所云，河姆渡文化一期出土石斧 205 件，石锛 33 件，占石质生产工具总数



（357 件）的 66.7%[6]。可见石斧，尤其是磨制石斧，在新石器时代社会生产中是占有重要地位的。

石斧多取材于砾石，外部形态多呈扁圆梯形，横截面近于长方形、方形、椭圆形；两面刃，多较厚重。旧石器时代之斧通常无柄，是以手直接把握的，习谓之手斧；新石器时代后，一般都安装了木柄。关于石斧等的装柄之事，昔日主要是从有关使用痕迹上进行推测的；1974 年江苏吴县澄湖出土一件装有木柄的石斧；1975 年江苏溧阳沙河洋渚大队出土一件良渚文化带木柄的有段石斧；1977 年、1978 年该地又分别出土带柄方柱形石斧及带柄有段石锛各一件，才得到了肯定[7]。从装柄方式上看，石斧约可分为 5 种类型：（1）穿柄斧，如吴县澄湖良渚斧（图 1－4－1）[7]。基本特点是木柄上有孔，石斧穿贯于木柄中，并固定。（2）有孔斧，如山东泰安大汶口所出者[8]，基本特点是石斧胸部钻有圆孔，木柄穿于孔中，并固定。（3）有肩斧，在南京市北阴阳营遗址出土过有孔有肩石斧[9]，广东南海县西樵山遗址[10]、甘肃永靖大何庄齐家文化遗址等都出土过有肩（无孔）石斧[11]。（4）束腰、束颈式石斧，西安半坡出土过束腰式石斧[12]，山东姚官庄龙山文化遗址出土一件束颈式石斧[13]。（5）有段石斧，即石斧的身部分成了高低不一的两个部分。江西修水山背遗址等地皆有出土[14]。这 5 种形式中，后 3 种的固定方式主要是捆绑；前二者自然也需捆绑，因其孔洞并不十分规整，往往孔端直径稍大，孔内直径较小，孔洞剖面实际上成了束腰扁鼓形，木柄显然很容易松动；有肩斧和有段斧实际上并无原则性差别，都是在斧身上做出了高低不平以便捆绑的台阶。

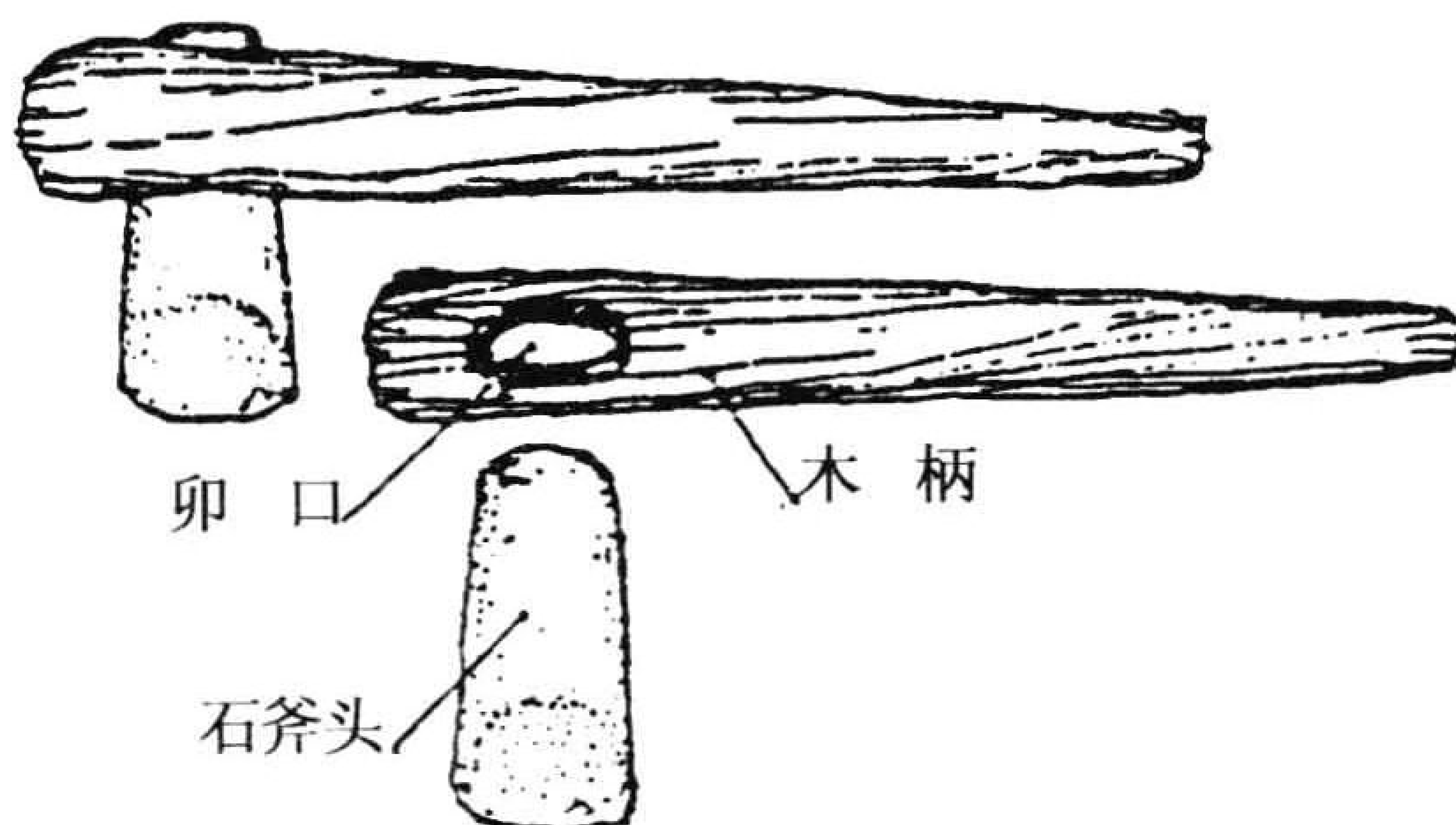
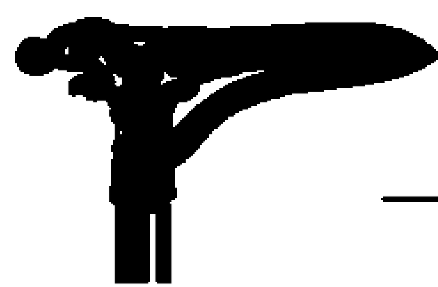


图 1－4－1　江苏吴县澄湖良渚文化穿柄斧装柄示意图　　采自文献[3]

石斧的功用有二：一作生产工具，用于砍伐和狩猎；二作武器（在私有制产生后）。此砍伐主要指木材的横向截断；纵向剖分则只宜于短小木材，对粗大且较长的木材是难以胜任的。从新石器时代的考古资料看，石斧的外部形态约有两种不同类型：一是刃薄且宽；二是刃宽、身短且厚重[2][3]。显然这是由斧的不同功用和受力状态决定的。

早期的斧皆为石质，冶金技术发明后，才先后有了铜斧和铁斧。

2. 楔子。楔和斧都是最具尖劈特征的器物。在新石器时代，楔的主要功用是纵向剖分木材。由于定居生活的出现和建筑业的发展，社会对板材的需要量骤增。最初的板材大约是直接用斧加工的，但斧不易嵌入到较深的地方，人们就会捶击石斧的顶端，令其深入；因单斧容易被夹，便出现了双斧、多斧同时使用于一根木材的技术；经过多次反复实践，才演变出了楔子。早期楔与斧的形制应大体一致，分辨它们的方法主要是使用痕迹。一般而言，因反复砍伐的缘故，斧刃往往留有缺损等伤痕，楔则没有或很少有此种伤痕，但因反复打击的缘故，楔的顶端



多留有打击痕迹，斧则无此痕迹[2][3]。

目前学术界对楔的发明期尚无成熟看法，主要是往日对早期楔子研究较少，故常把它当成了斧之故。杨鸿勋认为，从黄河流域的山东、河南、陕西、甘肃、青海，到南方的湖北、西南边陲的云南、沿海的江苏，诸新石器文化中都有不少石楔出土[2][3]。其发明期至少应上推至新石器时代中期，比较明显的一个例子是河姆渡石楔，如第四文化层原报道的一件I式斧、一件IIB式斧、两件III式斧，第三文化层的一件I式斧、一件IIB式斧，实应属楔，第二文化层也出土过一件石楔，它们的顶端都有捶击破损的痕迹[3]。

楔子剖木在我国沿用了很长一个时期，金属大锯出现前，大型木料的纵向剖分主要是借助于楔的帮助来实现的，金属大锯出现后，许多地方仍在沿用。宋沈括《梦溪笔谈》卷二〇载："世人有得雷斧、雷楔者，云雷神所坠，多于震雷之下得之，而未尝亲见。元丰中，予居随州，夏月大雷，震一木折，其下乃得一楔，信如所传。凡雷斧多以铜、铁为之，楔乃石耳，似斧而无孔。"此"石楔"，很可能是为雷雨冲刷出来的新石器时代或稍后一个时期的遗物。称石楔为"雷楔"，应是人们对远古石楔的一种记忆或神化。楔有石质、木质，也有铜质、铁质的。《战国策》卷一八"赵一·苏秦为赵王使于秦"条，曾以铁钻（楔）来比喻离间他人关系的小人。河北易县燕下都武阳台西北21号战国中晚期铜铁铸造作坊遗址出土了5件铁钻，如刀形，其中一件长10.1厘米，器身作长条形，纵剖面为楔形；上部略呈圆形，斜刃，顶端部有打击痕迹，当是用于切割板形铁料的钻或楔[15]。1995~1996年，山东长清县双乳山1号汉墓出土铁楔1件，长25厘米[16]。直至近现代铁楔仍在我国甘肃等部分偏僻地区保存着。

从工作性质看，人们对楔子的要求是：（1）背部要足够厚，即尖劈夹角要足够大，以保证有足够大的分力将木材向两边推开。（2）身部要足够地长，以便于楔子向下延伸。在考古实物中，楔也正是朝着这个方向发展的。秦安邵店大地湾（庙底沟型）出土过一件石楔，截面近于方圆，长达20~30厘米，便是个很好的例证。无锡市博物馆藏有良渚文化石楔，其背部的厚度都大于刃部的宽度，其中一件的背厚达5.0厘米，刃宽只有4.0厘米，身长达14.5厘米，显然是一种更加成熟了的形式。可知楔虽由斧脱胎而来，但它们的发展趋势是完全不同的[2][3]。

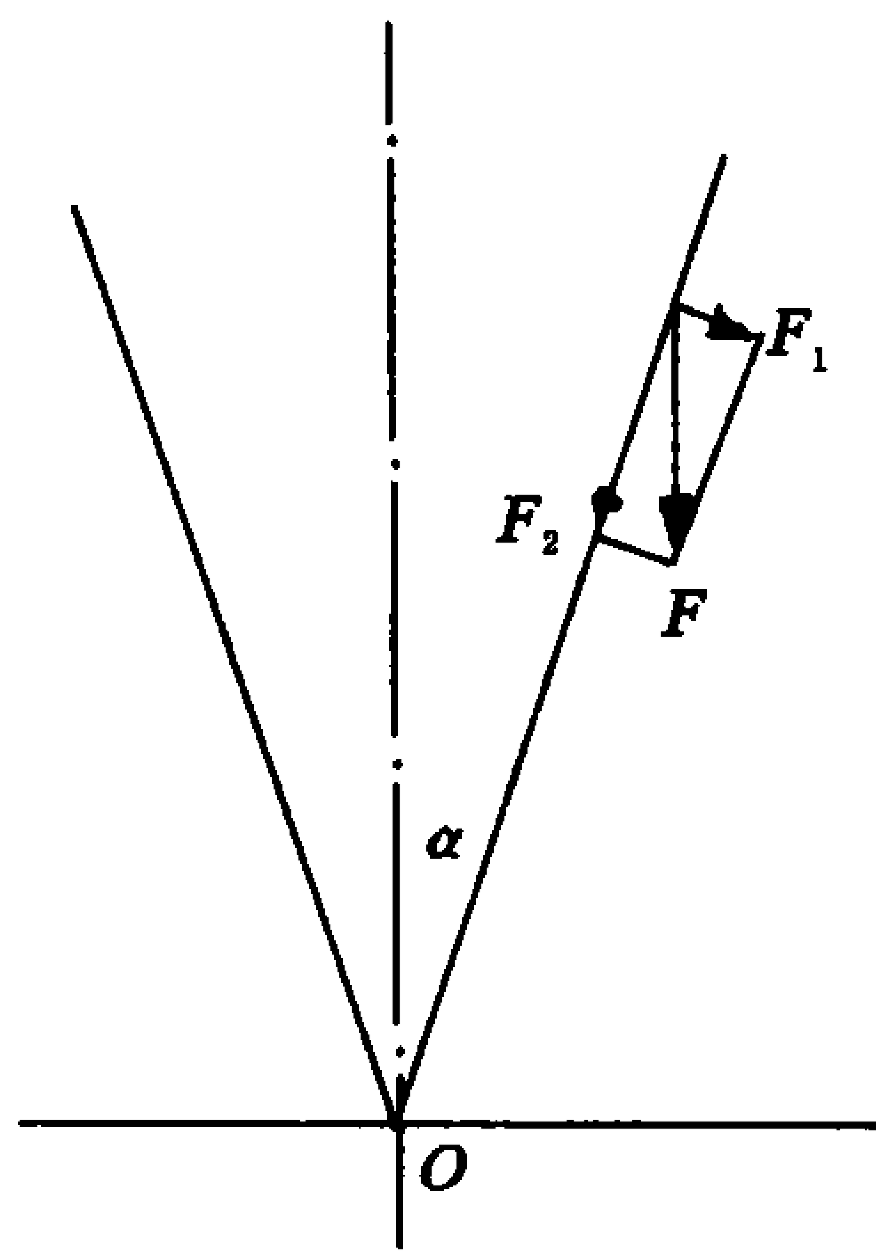
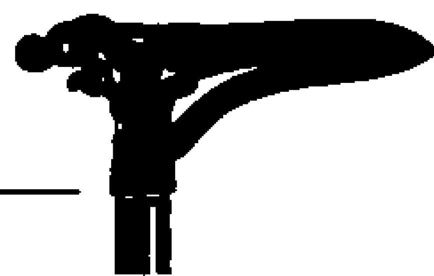


图1-4-2 尖劈受力状态分析

图1-4-2所示为尖劈受力状态。F为人为的外加力；F_1为垂直尖劈斜面、把木材向两侧推开的分力；F_2为沿尖劈斜面、使木材剖开的分力。在外力F相等的情况下，尖劈夹角α越小，分力F_2越大，越有利于木材的剖开；夹角α越大，分力F_1越大，则越有利于使木材向两边分开。所以斧刃宽而薄，楔背却较厚，与现代力学原理完全相符；先民们虽未具有这种理性认识，但无数次实践会使其具有十分丰富的经验。楔及斧等刃器



的发明，是人类对尖劈原理的较早应用。

从历史上看，楔的功用主要有三：（1）作纵向剖开木材；（2）在木器的榫头连接中，用来楔紧这一连接；（3）榨油机上用来压榨油料。前者使用较早，后者在明代的宋应星《天工开物》和徐光启《农政全书》中都有文字说明和图示。总的来看，楔的使用量和使用面还是较少较窄的。

3. 石锛。平木器，一面刃，当由斧分化而来。从装柄方式看，又包括四种类型：（1）有肩石锛，湖南安乡县划城岗大溪文化遗址[17]、甘肃永清大何庄齐家文化遗址[11]等皆有出土。（2）有孔石锛，陕县庙底沟龙山文化遗址[18]等都有出土。（3）有段石锛，山东大汶口文化遗址[8]、浙江古荡县[19]、江西清江筑卫城[20]、江苏新沂县花厅村大汶口文化遗址[21]等皆有出土。（4）长条（无孔、无段、无肩）石锛，甘肃秦安大地湾一期[22]、西安半坡[12]等地皆有出土。

在考古发掘中，石锛始见于新石器时代中期。磁山文化第一期出土磨制石锛2件，第二期文化出土磨制石锛8件，打磨兼制石锛2件[5]。河南郏县水泉裴李岗文化二期出土石锛23件，河姆渡文化一期出土33件[6]，在仰韶文化、大汶口文化、大溪文化中，锛都一直沿用了下来。冶金技术发明后，石锛便为铜锛、铁锛所取代。

4. 石扁铲。或叫石扁凿，原始的平木工具，应从锛和普通石凿中分化而来。发明年代似较锛稍晚，约始见于马家浜文化、河姆渡上层（第一层）；后者出土过一件石扁铲，原谓之Ⅰ式锛，扁平长条形，单面刃，长15.5厘米，刃宽约4.2厘米，顶宽约3.2厘米，厚2厘米左右，杨鸿勋将之改定为平木石扁铲[3]。河姆渡遗址从下层（第四层）起，就出土有许多加工精细的木器，表面皆较光滑、平整，同时还出土过一些加工细致的建筑木构件，与石扁铲的使用应是密切相关的。

平木扁铲在我国沿用了相当长一个时期，由石质而铜质而钢铁质，直到宋代仍较流行[23]，只不过形制上发生了一些变化。

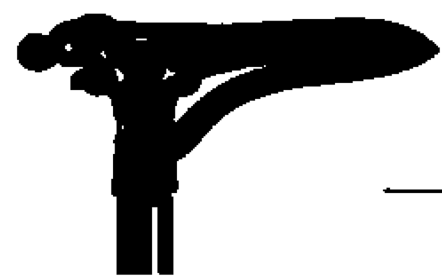
5. 锯。始见于旧石器时代晚期。新石器时代时，不管石锯，还是骨锯、蚌锯都明显增多。其中比较值得注意的是1973年山东邹县出土的铜石并用时代石锯，其全长26.5厘米，中部宽8.0厘米，背厚1.0厘米，以花岗岩制成，有使用痕迹，锯身上有两个固定孔[24]。

6. 凿。至迟出现于新石器时代中期。磁山文化第一期出土打磨兼制石凿5件、磨制石凿3件、骨凿8件；既有单面刃，也有两面刃；二期文化出土打磨兼制石凿7件、磨制石凿13件、骨凿8件[5]。随着建筑业、木工业的发展，新石器时代晚期之后，凿的使用范围不断扩大，形制上也发生了许多变化。

7. 锉。在新石器时代有石锉和陶锉等种，这两种质料的锉在西安半坡仰韶文化遗址皆可看到[25]。

（二）简单农具

农具应是与农业一起产生出来的，最早的农具也是一器多用的。大约新石器时代中期，即裴李岗—磁山文化时期，农具种类便多了起来，并初步形成了从耕作到收获、到粮食加工的成套器具，常见的有石质的铲、锄、镢、镰、刀、犁形器、磨盘、磨棒，以及骨质的耜等。下面仅介绍较为特殊的几种。



1. 刀。旧石器时代便已发明，一直是重要的切割工具。新石器时代的各个时期都有使用，形制上也有一些变化。其材质主要是石，此外还有骨、蚌、陶，如磁山文化第一层出土骨刀5件、蚌刀1件；第二层出土打制石刀3件、骨刀3件[5]。从把握方式看，新石器时代及其稍后的石刀约可区分为四种类型：（1）方亚式。刀身总体上为长方形，刃部在长边一侧，在两个侧边的正中各打出一个缺口，以为结绳把持之用，流行于仰韶文化早、中期。（2）有孔式[9][26]。薛家岗第三期出土穿孔石刀38件，孔眼数分别为1、3、4、5、7、9、11、13，只有1件为偶数，其余均为奇数[27]。这种石刀有长方形、橘瓣形。在此尤其值得注意的是直背弧刃刀，它总体呈橘瓣形。我国南北都有出土，应是铚的前身。（3）有柄式。如江苏昆山县陈墓镇遗址石刀。（4）石刃骨刀、石刃骨匕首。甘肃永昌县马家窑文化墓葬出土有石刃骨刀、石刃骨匕首两种器物；甘肃东乡林家马家窑文化遗址出土石刃骨匕首6件，其柄部、身部皆为骨质，近刃部开一浅槽，石刃嵌于浅槽内[28]。此4种类型中，大家较为熟悉的是橘瓣形石刀，技术意义较大的是石刃骨刀。

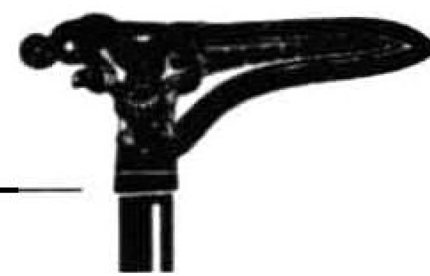
2. 石锄。始见于新石器时代早期，山西省怀仁县鹅毛口遗址等地皆有出土[29]。新石器时代石锄装柄方式，至少有3种类型：（1）有孔式，如南京市北阴阳营遗址等地所出者[9][26]。（2）有肩式，如黑龙江宁安县莺歌岭新石器时代晚期遗址等地所出者[30]。（3）束腰式，黑龙江莺歌岭新石时代晚期遗址，以及吉林省库伦、奈曼两旗夏家店文化遗址等地皆有出土[31]。仰韶文化时期，黄河流域便进入了较为发达的锄耕农业阶段。

3. 石铲。始见于新石器时代中期，1977年裴李岗遗址出土石质生产工具86件，其中有石铲35件，多为青色石灰岩制成，磨制精致[32]。从装柄方式看，石铲至少包括有肩式、有孔式、凹胸式三种，后者为装柄原因，在胸肩处打出凹口。河南陕县庙底沟仰韶文化遗址出土有舌形大铲，长约24厘米，宽约19.4厘米[18][26]，很可能是土木工程作起土用的。

4. 石镰。弓背，长条形，一边有刃。始见于新石器时代早期，山西省怀仁县鹅毛口新石器早期遗址[29]，以及裴李岗、磁山新石器时代中期遗址等地皆有出土。山东泰安大汶口文化遗址等遗址还出土有牙镰、骨镰，郑州牛砦龙山文化遗址[33]、郑州市旭旮王村龙山文化遗址[34]等还出土过蚌镰。

5. 耜。起土工具。约始见于新石器时代晚期，有骨质和石质两种。骨耜尤以南方的浙江余姚河姆渡遗址为多[6]，江苏海安青墩遗址、吴江梅堰遗址、吴县草鞋山遗址[35]等地也有发现。骨耜常由偶蹄类哺乳动物的肩胛骨制成，通常皆保留其自然形态。河姆渡第一期出土骨耜154件，第二期出土骨耜38件，有的长柄可能是安在耜的背面[6]。《易经・系辞下》:"神农氏作，斫木为耜，揉木为耒，耒耜之利，以教天下。"《淮南子・汜论训》:"古者剡耜而耕，摩蜃而耨。"故一般认为，耜耕和锄耕，都是原始农业的重要耕作方式。

6. 石犁。农业发明之初，大约都是采用"刀耕火种"方式来生产的，新石器时代中期、晚期，才逐渐进入了锄耕和耜耕的阶段；大约铜石并用时代，犁耕农业才逐渐有了发展，一般认为，目前见于考古发掘的石犁皆属这一时期。如天津



宝坻[36]，河南孟津县小潘沟[37]、山西襄汾陶寺龙山文化遗址[38]、江苏吴兴邱城崧泽文化墓葬[39]，浙江杭州水田畈遗址第四层[40]、吴兴钱山漾遗址第四层[41]、江苏昆山县荣庄[42]、江苏吴县洞庭西山消夏湾[43]、江苏昆山陈墓镇[44]等良渚文化遗址，以及上海马桥遗址等都有石犁出土[45]，尤以良渚文化石犁为多。这些石犁皆是平面呈锐角的三角形石板，厚约1厘米，长约41～63.5厘米，上宽约33～43.5厘米，中部琢有2～3孔，尤为重要的是，石犁背面都留有安装木柄的痕迹[46]。犁刃有双刃和单刃两种（图1－4－3）[37]。显然，这三角形结构是有利于破土的。

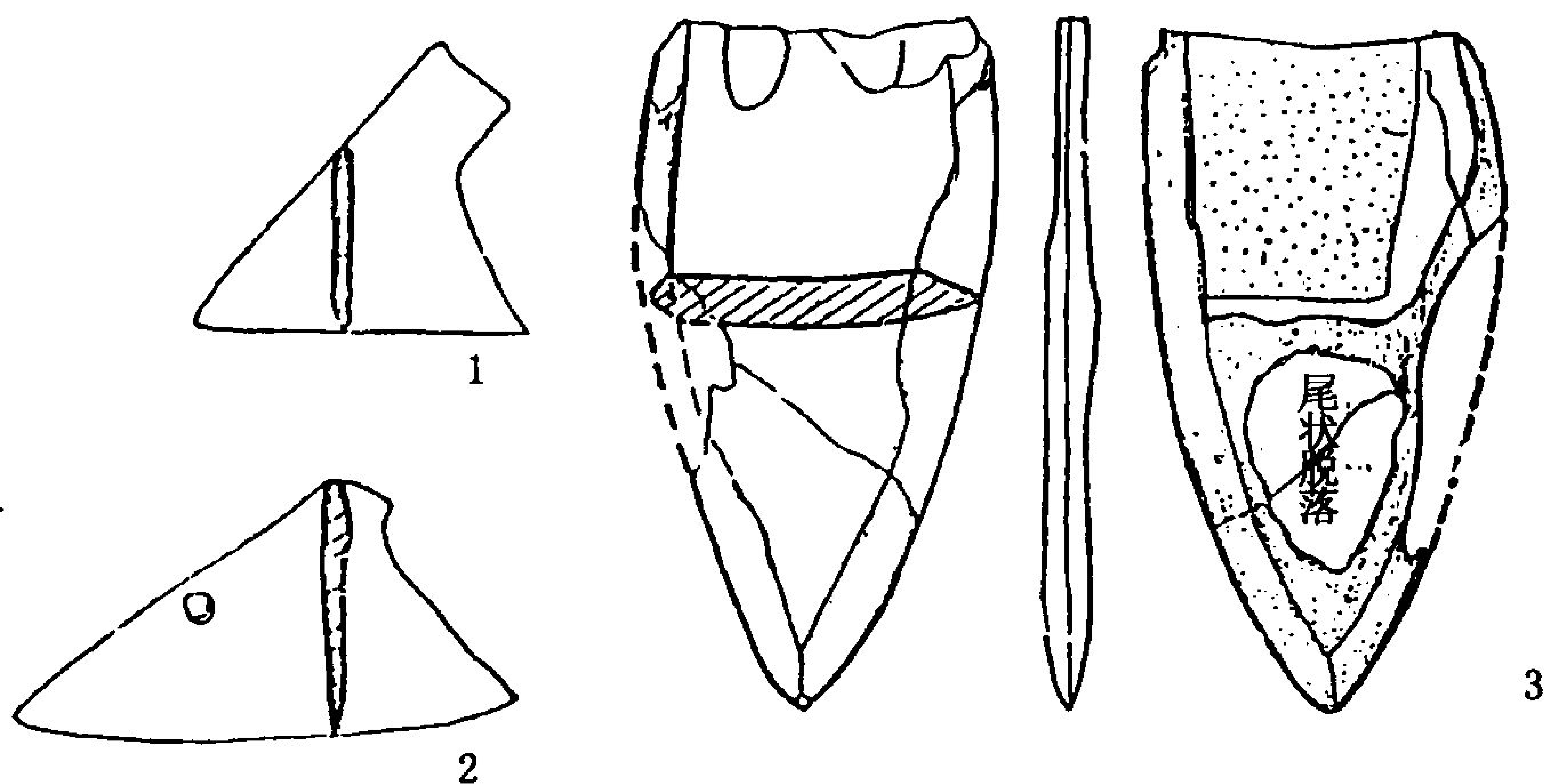


图1－4－3　两种早期石犁

1. 江苏昆山陈墓镇良渚文化石犁　2. 江苏吴县洞庭西山消夏湾石犁

3. 河南孟县小潘沟龙山文化石犁　　　采自文献[37]

一般认为，犁由耜演变而来，但其结构和力的作用方式却差别较大：（1）石耜的木柄安于耜的上端，石犁的木柄却是一直伸到了犁尖的。（2）石耜通常较小、较厚，截面呈三角形，撬土时就不易于折断；石犁则稍宽、稍薄，呈平板状。（3）耜用脚踏方式而使之入地插入土中，然后起土，可一人操作；石犁则不便脚踏入土，且须有人或畜在前牵拉。此最后一点，窃以为是耜与石犁最为重要的区别。若“耜”不用脚踏方式插入土中，前面还有了固定拉扦（原始的犁架），那么，这便是犁的早期形态。宋周去非《岭外代答》卷四“风土·踏犁”载：“静江民颇力于田，其耕也，先施人工踏犁，及以牛平之。踏犁形如匙，长六尺许，末施横木一尺余，此两手所捉处也。犁柄之中，于其左边施短柄焉，此左脚所踏处也。踏可耕三尺，则释左脚以两手翻泥，谓之一进。迤逦而前，泥垄悉成行列。”静江，今桂林。这应是由耜到犁的一种过渡形态；一般而言，此踏犁之前面应当还有人力牵拉。

学术界在石犁研究中争论颇多。也有人认为其始见于仰韶文化时期，据说山西闻喜汀店等地都出土过仰韶“石犁”，其形态有舌形、双刃三角形、长方形三

种[47]。其实这类石器的用途是不明的，至多可视为石犁的前身或初始形态[37]。

（三）简单渔猎工具

常见于考古发掘的新石器时代渔猎生产工具主要有镞、矛、鱼钩、鱼叉（镖）、网坠、弹丸等。其中比较值得注意的是镞、鱼钩、鱼标以及木弩。

1. 镞。始见于旧石器时代。在新石器时代亦为常见狩猎工具，多为石质，亦有部分骨、角、牙、木质。有三棱型、四棱型、圆柱型，以及扁平体等，有的骨镞还带有两翼和倒刺，一般通体磨光。西王村仰韶晚期遗址等亦出土有骨镞和石镞，其石镞计14件，皆通体精磨[48]。

2. 关于木质弩机。其发明年代今尚无定论，有学者将之推到了新石器时代[49]。主要依据是：（1）从民族学资料看，铜弩机出现前一般都曾有过使用木弩机的阶段。（2）从文献记载和甲骨文研究来看，战国时期和商代都曾有过木弩。（3）在新石器时代和铜石并用时代遗址中，庙底沟仰韶文化出土的小型有孔骨匕[18]，徐州高皇庙龙山文化的长条形有孔蚌饰[50]、齐家文化的长条形有孔骨匕、辛店文化的骨质穿孔器等[51]，其形制和尺寸都与一些少数民族木弩的悬刀相似，有的可能就是悬刀。弩机发展的一般顺序应是“木弩机—铜弩机—铁弩机”。铜弩发明年代是稍晚的[49]。这些说法都有一定道理，若能看到更为确凿的实物，问题当更为明了。

3. 鱼钩和鱼叉。在渔猎经济较发展的地区，骨质的鱼钩和鱼叉（镖）出土量都是较多的。鱼钩常以骨片挖刻磨制而成，尖钩处常带倒刺。鱼叉始见于旧石器时代晚期，新石器时代的鱼叉有单钩式和双钩式两种，其中尤其注意的是带索标。其基本特点是在骨质标上（尾部）系有绳索；并在标的尾部做出有孔洞、结节或者凹槽以为系绳之用。邳县刘林第二次发掘时，出土4件鱼标，以鹿角或兽骨加工而成，标呈长条形，下端有一孔洞，标上有一个或两个倒钩[52]。邳县大墩子、梁山青堌堆龙山文化遗址[53]等遗址都有带孔标出土。万年仙人洞出土过一件带有4个倒钩（一侧2个）的结节标，以动物的长骨劈制而成，标尖折残，残长15.4厘米、宽2.5厘米[54]。西安半坡[12]、江苏吴江梅堰、新沂花厅村、山东临沂援驾墩等遗址都出土过结节标。河南孟津小潘沟遗址出土一件精巧的小骨标，尖端的一侧有倒刺，尾端无孔无凸节，但做出了一圈内陷的凹槽，且有清晰的系绳痕迹[55]。带索标的使用，反映了人们渔猎技巧之提高。这种带索标不仅可用于水中，而且可用于陆上捕鱼[56]。

（四）关于器柄的使用

带柄工具在前面已经多次提及，现做一归纳。此技术约出现于旧石器时代晚期，但当时使用较少，制作水平亦较低；新石器时代之后，随着农业的产生和发展，为满足砍伐树木和开垦土地之需，带柄工具才迅速发展起来。新石器时代中期的裴李岗石镰，柄部下边均有小缺口，有的在安柄处还有一个小孔[57]。新石器时代晚期北辛出土了10件鹿角锄，其中属I式的6件，都是利用鹿角分叉制造的；短枝一侧磨成斜刃，长枝充作把柄。北辛一件蚌镰在安把处穿有一孔，以便捆绑[58]。河姆渡一期还发现过骨角加工成的器柄4件、木质器柄52件，有的呈掛钩形、曲尺形[6]。工具从无柄到有柄，使其整个工作状态发生了很大变化，这是早



期生产工具发展过程中一次重大变革。

安柄的目的主要是便于把握，有时也可改变受力状态，最终便可达到改善劳动条件，提高生产效能的目的。但不同的工具，同一工具的不同工作阶段，柄的受力状态是不太一样的。如：

1. 铲类工具。其柄的受力状态较为复杂。当手握柄部往下进土时，柄只起着便于把持和传递力的作用；若土质较硬，需要用铲撬土，此柄便可起到杠杆的作用，铲的上端便成了支点。

2. 斧、锛、镰类工具。其柄实际上是手臂的延长。装柄后，斧头、锛头、镰身挥动时的线速度加大，动量增加，功效提高。石锤之柄大体上也可归入这一类型。这是人类无意中对动量原理的一次较早应用。

3. 标、镞类工具。其柄（杆）既有利于把握，亦可适当增加投射物的重量，并可使飞行体飞行运动更为准确、稳定。这是人类最早设计的空中飞行体。

二、舟和桨的发明

人类在水上从事生产和交通的时间很早，故舟和桨的发明，大约也是较早的。《周易·系辞下》说：黄帝、尧、舜垂衣而天下治，“刳木为舟，剡木为楫”，便反映了新石器时代和铜石并用时代舟、楫技术和水上交通的发展情况。此“楫”即是桨。最早的舟当是刳木而成的独木舟；最早的木桨则可能是未经加工，或稍经加工的一根木棍，之后才演变成了叶状、片状桨。在考古发掘中，新石器时代的木舟目前尚未看到，但却有木桨4起至少15件、陶质舟形器1件。

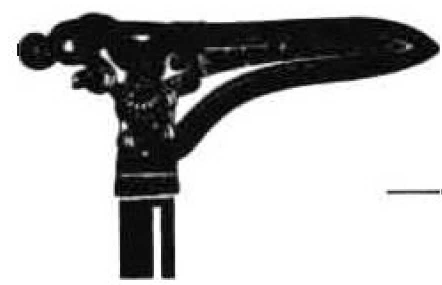
河姆渡一期出土木桨8件，器形一般皆较规整，体形小而修长，桨的柄、叶两部既分明而又连成一体，用整块厚木板加工而成，叶部大多呈狭长的椭圆形，扁薄；桨柄细长，叶柄相连处明显凸出于叶的两平面。柄的横断面呈圆形，少数为上圆下方。其中标本T235（A4）:90，制作规整，柄呈圆形，叶横断面呈梭形，残长64厘米、叶宽10厘米。有3件标本的残长分别为40厘米、62厘米、63厘米。河姆渡第二层出土陶质舟形器（玩具）1件，夹炭灰陶质，长7.7厘米、宽2.8厘米、高3.0厘米[6]。

1956～1958年，吴兴钱山漾良渚文化遗址出土桨1件，全长96.5厘米、宽19.0厘米，以青刚木制成，翼呈长条形，稍有曲度，凸起的一面正中有脊，自脊向两边斜杀。柄长87厘米，已经腐朽，形状与今桨稍有不同，肩平直，翼长而柄短[41]，使用起来是较为费力的。

1958～1959年杭州水田畈遗址出土桨两种，一为宽翼式，一为窄翼式。前者桨身宽而扁平，宽26.0厘米，厚1.5厘米，桨翼末端削成了尖状，另外再作一柄捆绑其上；后者出土数量在3件以上，桨宽10～14厘米，桨身和桨柄是一根木制成的，柄呈圆锥形[40]。

此外，湖南澧县城头山大溪文化濠沟内发现船桨2件[65]。

可见这些木桨已具有一定水平，也说明舟已有一定发展，尤其是河姆渡和水田畈两地所出者。由这些情况来看，舟和木桨的发明年代应可上推至新石器时代中期或更早。除了桨外，舟的早期推进器大约还有篙；篙和桨，是分别利用河床和水的反作用力来推进的。舟和桨、篙的发明，是人类对浮力、反作用力的一次



有效利用。

三、小口尖底瓶的使用

小口尖底瓶是一种口小、腹大、底尖的陶质容器，流行于仰韶文化时期。一些年代较早的仰韶文化遗址，宝鸡北首岭下层[59]、秦安大地湾仰韶早期地层[60]，以及西安半坡和姜寨等都有出土。姜寨一期计出土陶质容器939件（完整的和复原的），有小口尖底瓶32件（图1－4－4）；第二期出土陶质容器1105件（完整和复原的），有小口尖底瓶45件。此两期文化距今分别为6100～5500年和5500～5000年[61]。

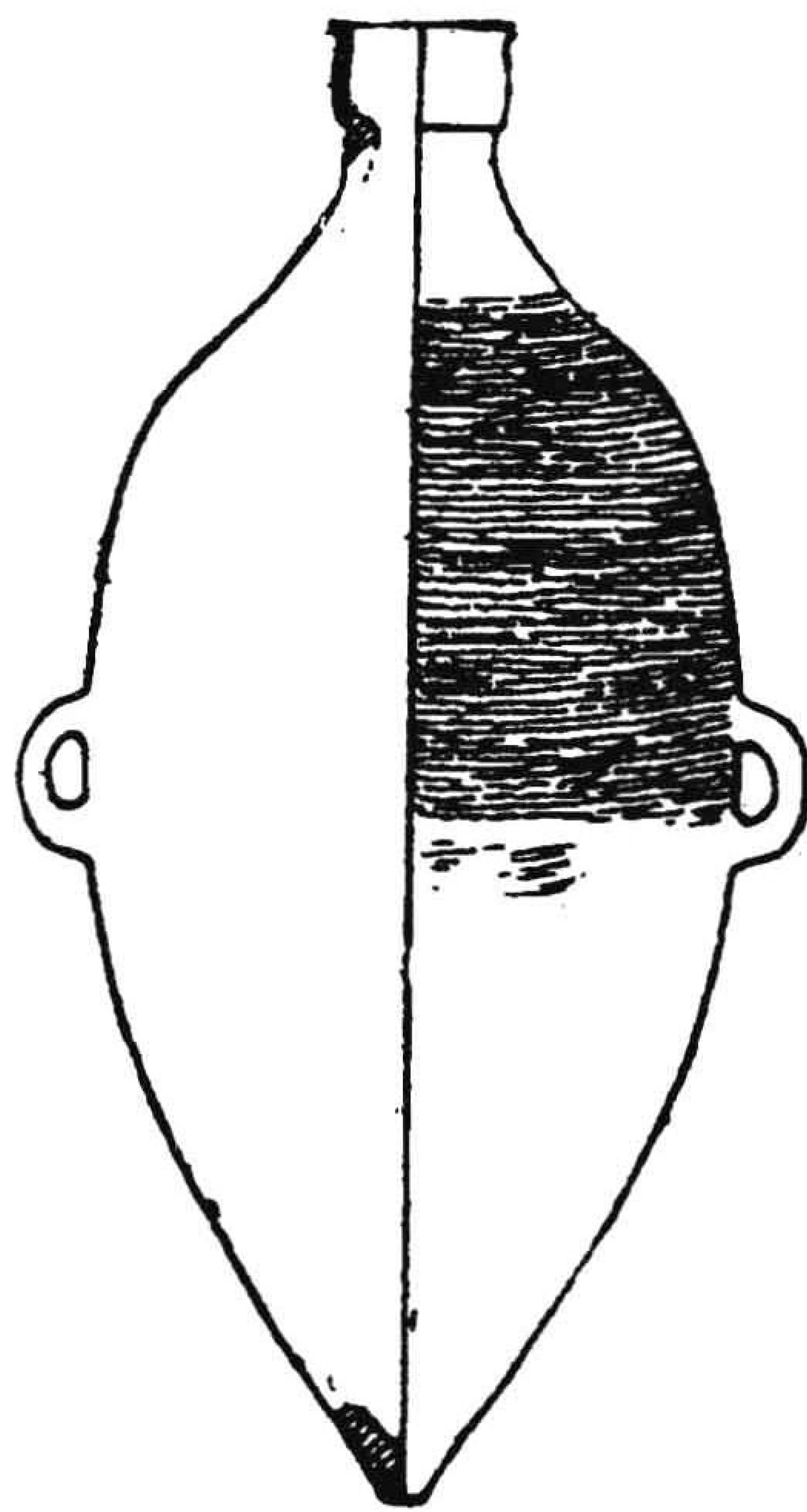
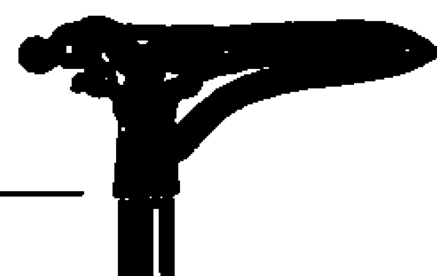


图1－4－4　姜寨一期小口尖底瓶
采自文献[61]

小口尖底瓶多为双耳提系，也有个别是单耳的，瓶高常为40.0厘米，最大直径达70.0厘米。它原是一种汲水器，古谓之“甀”[62]，《淮南子·汜论训》:“木钩而樵，抱甀而汲。”《汉书·韩信传》:“以木罂缶渡军袭安邑。”颜师古注:“罂缶谓瓶之大腹小口者也。”《方言》说:“自关而西，晋之旧都河汾之间，其大者谓甀。罂，其通语也。”有学者认为多数小口尖底瓶是作灌溉用的[63]。因其重心较高，又为尖底，所以放入水中后便会立刻倾倒，使水经由瓶口流入；使重心逐渐降低，瓶子便会逐渐直立起来；当水占据瓶内容积的三分之二左右时，瓶口便会露出水面，水再不能入内。若用手将瓶口下按入水，使水尽灌其中，手一旦松开，瓶中之水便会自动倾出；倾至三分之二左右时，又会恢复平衡[64]。使用起来十分方便。河南洛阳出土的汉代陶井所附陶水斗，也是大腹尖底的。

小口尖底瓶之汲水过程包含着深刻的力学原理，其作为一个浮体投入水中后，会同时受到两个力的作用：一是重力，二是浮力；它们大小相等，方向相反。当两个力的作用方向处于同一直线时，浮体便处于平衡状态。今人在浮体力学中常引入一个“倾定中心”的概念，它指的是浮体的对称轴（面）与浮力作用线的交点；当此交点，即倾定中心的位置高于重心时，浮体在水中的平衡是稳定的；若由于某种原因而使浮体稍有倾斜，其所受浮力与重心便不再处于同一直线上而形成力偶，此时力偶便会使浮体重新回到平衡状态。小口尖底瓶之装水至三分之二左右时，便进入一种稳定平衡，倾定中心的位置高于重心；船舶的情况亦是如此。当倾定中心的位置低于重心位置时，浮体处于不稳定平衡，力偶便会使浮体倾倒；小口尖底瓶初投入水中，以及用外力使水满灌瓶中时，皆与这一状态相当。小口尖底瓶的发明，是古人无意中对重心法则及倾定中心原理的最早应用。

春秋战国时有一种叫做欹器的东西，人又称之为“宥坐器”、“右坐器”，其原理与小口尖底瓶是一样的。



第五节　原始的纺织技术

纺织是将某种纤维性物质先纺成纱，再织成布帛的一项生产活动。纺，《左传》昭公十九年“纺焉”疏云:“谓纺麻作纑也。”织,《说文解字》云:“作布帛之总名也。”段玉裁注:“经纬相成曰织。”从古人的这种定义看，不管“纺”，还是“织”，都可有广义与狭义之分。所谓广义，即把编织也作为一种“织”，为编织而进行的纺纱也可称之为“纺”。编织物有非经纬纹，也有经纬纹，但今人之所谓“纺织”，多指狭义言，是指在某种织机，包括原始腰机下进行的生产活动，通常是不包括编织的，其机件稍多；编织大约只有针、梭等最为原始的工具。

我国古代纺织技术发明于何时，学术界尚无一致看法，今在考古发掘中所见最早的纺织机具和纺织品，属河姆渡文化和仰韶文化时期。余姚河姆渡出土有原始腰机部件，荥阳青台遗址出土有仰韶文化时期的丝、麻织品，稍后的吴县草鞋山出土有马家浜文化的葛纤维织物，吴兴钱山漾良渚文化遗址出土有苎麻织物和丝织物。此外，年代更早的遗址中还出土有不少纺轮、骨梭和骨针等。整个原始社会实际上都处于手工编织、手工纺织的阶段，不管“纺”还是“织”，皆未形成独立的机械体系，亦无传动机构。此时期纺织技术的主要成就是：发明了蚕桑和丝织技术；青台和钱山漾可能采用了温水缫丝；发明了纺坠纺纱；使用了原始腰机，织出了罗纹布；有意无意地对丝纤维进行了漂练，丝织品着色初露端倪。

一、纺织技术的起源

在纺织技术发明前，大约人类先后还经历了穿缀树皮、兽皮为衣和编织植物纤维为衣的阶段。《庄子·盗跖》云:“古者民不知衣服，夏多积薪，冬则炀之。”孔子曰:“昔先王未有火化，食草木之实、鸟兽之肉，饮其血，茹其毛；未有丝麻，衣其羽皮。后圣有作，治其丝麻以为布帛。”[1]这大体上反映了先民由无衣到有衣，由衣鸟兽之“羽皮”，到治丝麻“为布帛”的整个历史过程。

（一）关于先纺织时期的衣着技术

主要包括穿缀树皮、兽皮和编织某种植物的秆、茎、叶和纤维。

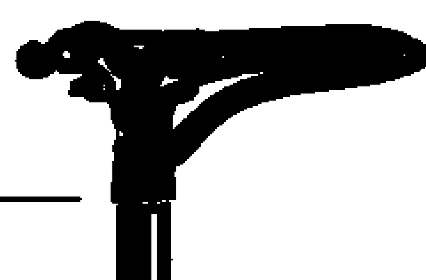
原始人以树皮、兽皮为衣的情况，上述文献已有说明，类似的情况今在民族学资料中也可看到。如鄂伦春族曾以兽皮为衣，做法是在猎取了野兽后，趁热把皮剥下，再阴干，并进行简单的加工。加工约分四步：（1）把兽皮平铺于地，以木槌捶击，令其平整、柔软。（2）发酵。先在兽皮上喷水，或者加些朽木渣等，之后将之卷起，存放一二日。（3）清理。即用带齿木棒、木刀将兽皮上的肉丝和脂肪刮下，所得兽皮便称为生皮。（4）用木刀揉皮，皮间也夹一些朽木渣，并用烟火熏烤，最后成为熟皮。赫哲族善于加工鱼皮，做法是先用木刀把鱼皮剥下，阴干，再捶平捶柔，之后再用野生植物的汁液染色。制线法也较简单。鄂伦春族、鄂温克族的做法是：取鹿、狍的筋腱，并晒干；后用木槌拍击，去掉其中肉丝；此筋丝便可用来缝制皮衣和桦皮器皿。赫哲族则把胖头鱼、狗鱼和刀鱼皮割制成线[2]。台湾阿美族大约20世纪中期还制作过树皮布[3]，基本操作约分5步：（1）选择树皮。据1958年的一份调查[4]，主要用楮树的雄株、雌株和构树雌株。

稍粗者为良，取皮处须笔直、少疤痕。（2）用利刃将树皮剥下。（3）乘其未干时，立即用捶击的方式将之加工成树皮布，目的是撕去外层皮和内层皮，并使其松软如毯。做法是：将剥下之树皮置于光滑平整的木干上，以木棒或石棒敲打其外表皮，再撕去外皮；之后再捶击内表层，并撕去内表层。打击须轻快。（4）漂洗，目的是去除树汁。先将捶打后的树皮浸入河中，约半小时后再用手揉脚踩，之后再浸泡。如此三次。（5）晾干。脱浆后，先轻轻地绞干水分，再铺、挂晾干。之后便可缝制衣服。其只用香蕉茎的纤维为线，以竹为针[3]。在人类历史上，这个剥取兽皮、树皮为衣的阶段应始于旧石器时代，由它到纺织技术的出现，自然还要经历过漫长的实践过程。

编织技术发明于何时，目前尚无确切的依据。一般认为，旧石器时代出现的飞石索、各种罗网，皆应是人类较早的编织物之一；而纺轮、骨梭、骨针的使用，则是编织及至纺织技术出现的重要证据。

20 世纪六七十年代，山西芮城风陵渡匼河遗址进行了多次发掘，其中发现有石球，呈多面体状，具有了早期石球的一般特征，有学者认为它是用作飞石索的。其年代不会晚于北京猿人，属中更新世早期[5]。山西阳高许家窑遗址出土有1059 个石球，最重的达 1500 克，最小的不足 100 克，贾兰坡先生认为，其中一部分亦可用作飞石索[6]。经铀系法测定，含化石的地层距今 12.5 万～10 万年[7]，属旧石器时代中期。显然，飞石索已具备了编织物的雏形。《易・系辞下》:“古者包牺氏之王天下……作结绳而为网罟，以佃以渔。”此“网罟”便是一种网罗。又，《世本》（雷学淇校辑）云:“芒作网。”汉宋衷注:“芒，庖牺臣。”说明包牺氏时代，编织网罗技术已相当成熟，使用网罗已是当时狩猎和捕鱼的一种重要生产方式。

骨针在许多旧石器时代遗址中都有发现。年代较早的如辽宁海城小孤山遗址，1983 年出土 3 枚骨针，保存较为完整，其中最为完整的一枚长 6.58 厘米，孔径 0.3～0.34 厘米，针孔圆滑，针身较直，通身留有纵向刮痕，其较山顶洞遗址稍早，骨针加工工艺却较之稍高。山顶洞骨针发现于 20 世纪 30 年代，骨针也较精致，身部略弯，且保存较好，针尖锋利光洁，表面有刮磨痕迹，唯针孔处残损，残长 8.2 厘米，孔径 3.1～3.3 毫米。遗址下层距今约 3.4 万年[8]。从民族资料看，骨针之前可能还有过木针、竹针。早期木针、竹针、骨针的用途主要有二：（1）联缀兽皮、树皮以为衣；（2）编织、编结各种网罗，以及飞石索之类器物。新石器时代之后，纺轮、骨梭、骨针出土量明显增加。江西万年仙人洞[9]、广西桂林甑皮岩皆出土有骨针[10]，河南舞阳贾湖文化出土有完整和不完整的陶纺轮 8 件，是东亚地区今见最早的纺轮[11]；甘肃秦安大地湾一期出土有多件陶纺轮和骨针[12]，临潼白家村下层[13]、甘肃天水西山坪一期[14]等地也都出土有骨针。1979 年裴李岗出土骨针 1 件、陶纺轮 2 件[15]；1992～1995 年，河南辉县孟庄裴李岗文化遗址出土陶纺轮 2 件，为夹砂红陶质[16]。河北武安磁山第一文化层出土陶纺轮 8 件、骨梭 8 件、角梭 1 件、网梭 8 件、骨针 33 件；第二文化层出土陶纺轮 11 件、骨针 5 件、骨梭 2 件、骨梭针 6 件[17]。纺轮、骨梭、骨针，都是既可用于编织，又可用于纺织和缝纫的，从现有资料看，从编织转变为纺织的年代当稍早于仰韶文化，亦稍早于河姆渡文化；因这两种文化分别出土了不少纺织品和织机具。一



般认为，纺织技术应是在农业产生前后发明出来的，上述出土纺轮的多数地方，包括万年仙人洞和吊桶环在内，都已有了原始农业[9]。

（二）早期纺织纤维和纺织品的出土情况

今在考古发掘中所见早期纺织品主要有四起：

1. 1958 年，陕西华县柳子镇仰韶文化灰坑积土中发现有纺织品残迹，其状如麻布片。遗址中还出土了许多纺轮和骨针，纺轮的类型和纹饰各不相同[18]。

2. 1972 年，江苏吴县草鞋山马家浜文化居住遗址出土 3 片炭化了的织物残片；经鉴定为野生葛纤维，距今 6300 ~ 6000 年[19][20]。

3. 1981 ~ 1987 年，郑州荥阳青台仰韶文化遗址的四个瓮棺内出土有炭化了的丝织物和麻织物，有麻纱、麻布、丝帛、浅绛色罗纹丝织品和麻绳；伴出物有陶纺轮、石纺轮、石刀、陶刀、蚌刀、骨针、骨匕、骨锥等。W142 和 W217 内都出土有大麻织品，据同层位木炭的^{14}C 测定，其距今为 5225 ± 130 ~ 5160 ± 120 年，属于仰韶文化晚期；W164 和 W486 内都出土有丝织品和麻织品，参照点军台器物形制，当属仰韶文化中期，距今约 5500 年；H163 出土有麻线，同层位木炭的^{14}C 年代测定为距今 5270 ± 120 ~ 5340 ± 130 年，属仰韶文化中晚期[21][22]。这是我国，也是全世界今日所见最早的丝织品实物。蚕桑技术、丝织技术的发明，是人类文化史上的重大事件。

4. 1958 年浙江吴兴钱山漾下层（第四层）良渚文化居住遗址出土一批织物残片，其中有苎麻布残片多件、丝线一团、丝带一团、绢一片，此外还有部分麻绳和 13 件陶纺轮。除绢片外，其余织物均已炭化[23]。经^{14}C 测定，遗址距今 4700 ± 100 年，树轮校正为距今 5288 ± 135 年。

此外，与早期纺织纤维有关的实物还有一些：

1. 20 世纪 80 年代初，河北正定县南杨庄仰韶文化遗址出有陶质蚕蛹 1 件，外观黄灰色，长 2 厘米，宽 0.8 厘米。经^{14}C 测定，遗址距今 5400 ± 70 年[26]。

2. 河南淅川下王岗遗址出土有陶蚕[27]。

3. 1972 ~ 1975 年，郑州市大河村仰韶晚期遗址出土了许多大麻种子，它说明我国早有大麻栽培[28][29][30]。

4. 新疆孔雀河墓地出土有大麻编织物，以及罗布麻（亦称野麻）茎编织成的日用品，距今约 4 千年[31]。

5. 甘肃东乡林家马家窑文化遗址出土有大麻种子[32]。

6. 西安半坡[33]、陕县庙底沟[34]等仰韶文化陶器，以及山东泰安大汶口文化陶器上都发现过布纹的印痕[35]。仰韶文化陶器布纹的经纬密多在每厘米 10 根左右。

可见，我国今见最早的纺织品属仰韶文化中期，其纺织纤维有葛、大麻、苎麻、蚕丝等。因青台 4 座瓮棺墓所埋皆是早夭婴儿，骨架上附有多层纺织品，这说明仰韶文化时期，纺织品已非稀罕之物[21]。由上述纺织品和下述纺织机具的出土情况看，我们认为，我国古代纺织技术的发明期当早于仰韶文化，或可上推至新石器时代中期。

在古史传说中，对我国古代纺织技术的发明期曾有过多种不同说法。有伏羲

说，南宋罗泌《路史》卷一〇引《皇图要览》云：伏羲氏“化蚕桑为繐帛”。伏羲氏又称包牺氏，是我国神话传说中的人类始祖。传说人类是由他与女娲氏相许而繁衍的，其时应与旧石器时代相当。有西陵氏说，《隋书·礼仪志二》云：北周“以一太牢亲祭，进奠先蚕西陵氏神”。“西陵氏”即黄帝之妻嫘母。又，《路史》卷一四引《皇图要览》云：“伏牺化蚕，西陵氏始养蚕。故淮南王《蚕经》云：西陵氏劝蚕稼，亲蚕始此。”[36]此说西陵氏始养蚕，且被奉为蚕神。黄帝亦传说中人物，其年代约相当于仰韶文化中、晚期。与此相关的，还有伯余说，《世本》（雷学淇校辑）云：“伯余制衣裳。”伯余，黄帝臣。此说伯余始作衣裳。在这些传说中，多数还是属于黄帝时代的。

二、纺织纤维之提取和初加工

我国新石器时代的纺织纤维有植物性和动物性两种不同类型，前者主要包括葛（又叫葛藤）、苎、大麻、苘麻等，后者主要指蚕丝。这些纤维最初自然是采集来的，农业发展起来后，才逐渐有了人工栽培、人工饲养。这类植物纤维的优点是：（1）分布较广，我国南北许多地方都有生长和种植；（2）具有良好的加工和使用性能。如苎麻，纤维不但细长、坚韧、抗湿、耐蚀，而且质地较轻，散热性能较好，颜色洁白，光泽亦良，是上述几种植物性纤维中最为优秀者。蚕丝不但纤长、强韧、耐酸蚀，较为光滑、柔软，而且有一定的弹性，光泽宜人。所以它们很早就为我国人民所利用。

（一）麻类纤维的加工

主要包括撕劈、脱胶、绩接、纺纱、加捻、合股等。现主要介绍其中三项。

1. 麻类纤维的剥取

可提取纤维的植物茎皮，皆由表层和韧皮层组成，并由果胶粘合，所以此类纤维加工的第一步便是撕劈和脱胶。

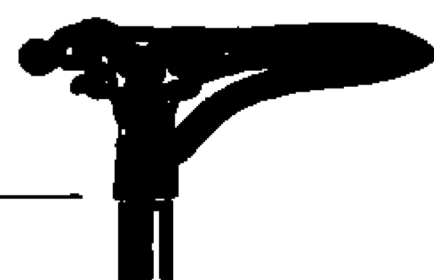
从考古和民族学资料推测，我国新石器时代提取葛麻纤维的方法主要有两种：（1）用手或其他工具直接剥取，稍加整理后便可使用。（2）浸沤脱胶分离法，即利用池水中自然繁殖的细菌来分解胶质，使纤维分离[37]。经考察，荥阳青台的麻纤维是大麻，其炭化纤维呈圆管状，横断面略呈椭圆形，管壁较厚；看来当时的沤麻技术已有了一定的水平[22]。

2. 麻类纤维的劈绩技术

“劈绩”包括了两项操作，一是劈分，即把经过椎击松解，或脱胶了的纤维撕裂到尽可能细小的程度，以便进一步加工。《说文解字》云：“劈，破也。”二是绩接，即把劈分过的一段段细小纤维束并合续接在一起。《说文解字》说：“绩，缉也。”段玉裁注：“绩之言积也，积短为长，积少为多。”

我国麻类纤维的劈分技术发明较早，石器时代许多制作精巧的骨针，就反映了这一史实。1959 年大汶口出土骨针 20 枚、细的只有 1.0 毫米，针鼻小者约与今纳鞋针的相当[35]。临潼白家村下层所出骨针的鼻径只有 0.5 毫米，其他针鼻一般也都较细。一般而言，其间穿引的纤维便应是经过了仔细劈分、捻合的单纱或合股线，而不是一般动植物皮条和单根枝茎，否则是难得穿引的。

绩接是专用于葛麻类纤维加工的。新石器时代的绩接操作今已很难了解，在



传统技术中见有两种方法：（1）对捻绩接法。先把浸泡过的片状葛麻纤维劈分成两头细中间粗的纤维条，后把其中一条的一端绪头用指甲劈分成绺，使其中一绺与另一条纤维的绪头对向合并捻转，连成一根，最后把两绺并列回捻成纱。（2）并捻折捻绩接法。先把需要绩接的两绪头平行排列，将它们的一端搓成长寸许的股线，后再将已经搓捻过的绪头折转，与纱身靠拢、捻合。此虽为今日所见传统技术，对我们了解古代绩接操作还是有一定帮助的。

3. 加捻。纺织纤维绩接过后，常要通体加捻一次，以提高纱线强度。也有只绩而不作整体加捻的，其优点是只在绩接处出现捻回，其他地方因无捻而仍呈现扁平状态，使纤维原有的挺直和光泽得以保存下来，使产品具有独特的韵味。但此劈分技术要求较高，所得纤维束必须均匀细长。

（二）蚕茧缫丝技术

缫丝亦属纺织纤维的初加工，主要有脱胶、抽丝、纺线、加捻、合股等。

蚕丝的主要成分是丝素和丝胶，丝素是透明而不溶于水的纤维，是茧丝的本体，丝胶包裹在丝素之外，有粘性，易溶于水，遇冷又会凝固。丝料准备工作的第一步便是使茧松解，把丝抽引出来并合成生丝，此过程俗谓缫丝。《说文解字》云："缫，绎茧为丝也。"这操作自然包含了脱除丝胶的过程。缫丝的操作要点是把茧置于热水中，文火加热，并适时加入一些冷水，以控制水温和丝胶浓度。经实测，荥阳青台纱和罗的经纬丝已有 3 种规格，其丝的投影宽度分别为：0.2 毫米、0.3 毫米、0.4 毫米，说明其已经使用了温水溶解丝胶和多粒蚕茧合并抽丝[22]。钱山漾绢片经纬纤维表面都显得十分光滑均匀，没有捻度；表面丝胶已经脱落，很可能是在热水中缫取的[37]。钱山漾遗址还出土过两把棕刷，柄部用麻绳捆扎，与后世的丝帚十分相似。丝的粗细是与合并茧粒数有关的。看来我国古代缫丝技术也发明较早。

最早的缫丝法可能是没有专门工具，只用两手，在普通工具帮助下完成的。据调查，直到 20 世纪 50 年代，甘肃等地还保留着类似的原始手工缫丝法。其工具只有锅 1 口，筛子（或木盘）1 个，筷子 1 双，小麦（或糜子、小豆等粮食）等粮食若干。操作要点是：添水入锅并加热，再放入蚕茧；蚕茧煮好后，随之用筷子索绪，然后抓住绪丝，一把一把地抽到筛子里。抽到一定数量后，将准备好的小麦等粮食撒到丝上，以防乱丝。抽丝完毕后，再将筛子移到阳光下稍晒令干。最后用纸团作芯子，绕丝成团[38]。

关于缫丝技术的发明过程，今人曾有过许多推测；有人说它与古人吃食蚕蛹有关，因剥食蚕蛹时须得撕掉茧衣，并用唾液润湿和松解茧层，扯破茧壳，就会牵引出来。也有人说，古人最初利用的是野蚕蛾口茧，野茧受到了雨淋日晒和微生物作用后，也会因丝胶分离而较易把丝绪引出。此可进一步研究。

三、纺坠纺纱

初步提取出来的丝麻类纺织纤维，通常皆须加捻、合股，此过程便是纺纱，之后才能织造。最早的纺纱操作全是由手工进行的。具体做法是：用双手把需要加工的纤维搓合，使之具有一定捻度，并接续在一起，这便同时包括了搓捻和绩接两个过程。为了提高功效，就发明了纺坠，古时又叫瓦、纺塼、线垛、旋锥等，

是我国新石器时代唯一的纺纱工具，近世也称为捻坠。纺坠的初始形态大约只是一根垂拉纤维的木棍，为了便于绕线，后来又才加上了一根与之垂直的木杆；此杆既可绕线，又可充作捻杆；为了增加转动的稳定性和转速，后来才演变成了今见带纺轮的“中”字形结构。

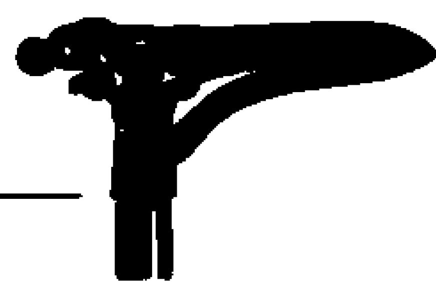
纺轮的具体形态主要有如下几种：（1）扁圆柱形、算珠形。其纵断面近于长方形，外侧稍稍鼓起而成圆弧形、钝角形或锐角形。（2）截头圆锥形。其纵断面为梯形。（3）面包形、礼帽形。纵断面近于半圆形、凸字形。（4）束腰形。纵断面近于“工”字形。（5）穹盖形。纵断面呈月牙形。（6）铁饼形。（7）不规则形。这些器形分别在西安半坡、临潼姜寨[39]、郑州大河村、余姚河姆渡、芮城西王村[40]、京山屈家岭等处都可看到。不少纺轮都施加了彩绘，多用红褐颜料，以直线、弧线或卵点纹组成同心圆、辐射线等画面。

纺轮多为陶质，也有少数石质、骨质、木质，后世还有铜质。陶纺轮可用陶土烧造，如姜寨第一期所见等，也可用旧陶片打制而成，如姜寨第四期文化所见等。姜寨第一期文化出土石质纺轮两式4件，其纵剖面分别为长方形和橘瓣形[39]。河姆渡第一期出土陶纺轮209件、石纺轮1件；第二期陶纺轮122件、石纺轮15件；第三期陶、石纺轮为分别为7件、11件；第四期陶纺轮10件、石纺轮14件。木纺轮保留下来者甚鲜，河姆渡文化一期出土1件，大体亦为扁圆形，直径5.9厘米、厚0.9厘米[24][25][41]。1977年甘肃东乡林家马家窑文化遗址出土陶纺轮9件、石纺轮49件，其中一件石纺轮径6.0厘米，厚1.0厘米。纺轮中心一般皆有孔洞，有穿透了的，也有未穿透的。早期纺轮多偏大偏重，晚期则偏小偏薄。如西安半坡陶纺轮一般60~90克，最轻者50克；京山屈家岭彩陶纺轮平均重量，早期38.2克，晚一、二期分别为21.7克和14.7克。屈家岭纺轮一般都较轻、薄，外形多较均匀规整，大小适宜；其早期纺陶有大、中、小三种，直径大于4厘米者为大型，3~4厘米者为中型，小于3厘米者为小型。这种纺轮一方面已具有足够的转动惯量，加捻时具有较大的扭矩，另一方面又不是太重，故宜于纺制较细的纱。尤其值得注意的是一件III式纺轮，中等大小，体薄，纺轮正背两面的内区皆较薄（向下凹平），而正背两面的周边都稍稍凸起，既减轻了重量，又保证了较大的转动惯量，这是相当合理的设计[42]。铜纺轮始见于二里头三期。

纺坠上的提杆最初大约是直的，多为竹木质；战国之后，有的在其顶端做了弯钩，并易之为铁质。

从民族学资料看，纺坠的具体操作约有吊绽法和转锭法两种。前者是把纺坠吊起来使用，一只手续出纤维并捻合，另一只手转动捻杆，使纺坠在半空旋转；同时不断地从手中绎放出纤维，使纺坠一面转动一面下降。纺成一段后需及时上提，并把纱绕在捻杆上；如此反复操作。转锭法是把纺坠倾斜地倚在腿上，而不是吊在空中，它只适用于透心型纺轮。其捻杆一般较长，纺轮置于捻杆中部，纺纱操作大体与吊锭法相似。荥阳青台的纺坠也有陶质和石质两种，经观察，出土麻纱为“Z”捻，即纺坠是依顺时针方向转动的。H163内出土的麻绳亦为Z捻，每10厘米有5个捻度[22]。

纺坠的构造虽然十分简单，却具备了现代纱锭的基本功能，即合股和加捻。



一般而言，若纺轮外径和重量稍大，转动惯量亦稍大，便宜于纺制刚度较大的粗硬纤维，成纱亦较粗；若外径和重量都稍小，转动惯量便较小，则宜于纺制刚度较小的柔软纤维，如经加工过了的植物纤维和丝、毛之类，成纱亦较细。若纺轮较轻较薄，而外径较大，则可延长转动时间，成纱支数亦较高且较为均匀。所以纺轮的形态与纺织纤维种类和加工情况是密切相关的，其中包含了深刻的力学原理。据浙江纺织科学研究所分析，钱山漾出土的丝带组合为10股，每股单纱3根，可知其由30根单纱编织而成。该遗址所出苎麻计有两种，一种为2股组合，一种为3股组合[23]，都表现了较高的纺纱纺线技术水平。

古代文献中常提到“纺塼”一辞。《诗·小雅·斯干》“载弄之瓦”注云：“瓦，纺塼也。”笺云：“明当主于内，事纺塼。”班昭《女诫》：“古者生女三日，弄之瓦塼，明习劳，主执勤也。”一般认为，此纺塼即是纺坠，或说纺轮。也有学者认为纺轮和纺塼是不同的，纺轮主要用于纺纱，纺塼则主要用于细纱并合、施捻合股成线。并认为，考古发掘中曾被定成了“网坠”、陶球、石球的器物中，有一部分应属纺塼[43]，尤其是那种竖有两槽，横有四槽的所谓网坠，显然是珍丝器[44]。都可进一步研究。

四、原始机织的发明

纺织纤维经过了制取、绩、纺之后，就成了均匀、细长的纱线，便可事织。最初的“织”大约就是一种手工编织，之后才使用了原始机织。从技法上看，布帛之编织与竹器之编织是有许多相似之处的。

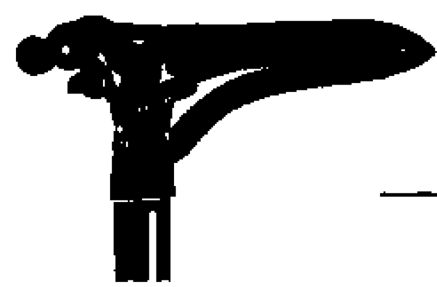
（一）竹器编织技术

考古发掘所见藤竹编织器多属新石器时代晚期。这很可能与这类物件不易保存有关。河姆渡文化一期出有苇席残片，采用8经8纬编织法[45]，织纹规整匀称、结构紧密。半坡仰韶文化遗址虽未看到编织物出土，但一些陶器底部清晰地显示了编织物痕迹；其编织法既丰富多彩，又规整细腻，显示了较高的技术水平。这类器物在半坡遗址已见100多例[46]。钱山漾居住遗址出土有竹类编织物200多件，多用刮光过的竹篾条编成，也有少数使用了未经加工的竹片。器物种类有：捕鱼用的“倒梢”，日常坐卧和建筑用的竹席，农业、蚕业以及日常生活用的篓、篮、箅、谷箩、刀篰、簸箕等[23]。

从陶器底部的印痕看，半坡席类器物编织法约有如下几种[46]：（1）斜纹编织法，纬带与经带垂直相交，纬线下穿两根或数根经线而成，所成之纹成斜交状。具体做法又有：人字编织法，辫纹平直相交法等种。（2）缠结编织法。纬带绕经条而成，具体做法是纬带穿过经条一根，即压两根，并编绕后面一根，后一条则缠压前一条所压之后面一根。纹样为斜交人字纹。（3）棋盘格编织法，一经一纬垂直相交，互相间隔穿压而成。

从实物考察情况看，钱山漾竹器编织法约有如下几种[23]：（1）一经一纬人字纹。（2）二经二纬，或多经多纬人字纹。（3）梅花眼。花纹由三组稀朗、均匀的平行篾片交织而成。（4）菱形花纹。以稠密的平行纬线和疏朗交叉的经篾编织而成。（5）稀纬疏经十字纹。

除竹类编织物外，1977年甘肃东乡林家马家窑文化遗址还出土1件细草编织



物，可能是草席，呈人字纹[32]。这些竹类和草类编织技术都较复杂，说明其已走过了一段不短的路程，这对我们了解早期“防寒护体物”之编织都是很有启发的。

（二）布帛手工编织技术

人类最初的衣着，很可能是手工编织出来的。一般认为，新石器时代的手工编织约有两种类型：

1. 平铺式。操作要点是：把若干根平行状的纱线平铺于地，一端固定在横木上，扯动相邻的或某一间隔的纱线，依正交（+）或斜交（×）方式反复编织。也可借助于骨针和骨梭，在经线中穿织。每织完一条，须用骨匕类工具将纬线打紧。可依人的意愿，织出各种不同的纹样。河姆渡遗址等所出骨针、骨匕、骨梭，都是十分理想的编织工具。

2. 吊带式。操作要点是：把纱线垂吊于横杆或圆形物体上，纱线下端系以重锤，把经向纱线张紧；甩动相邻的，或一定间隔的重锤，使纱线互相纠缠，形成绞结，也能织出各种不同的纹样。考古遗址中所见石质或陶质网坠中，小而轻者可能是用作吊带式编织。有学者认为，钱山漾丝带可能使用了此法[47]。

（三）原始机织技术

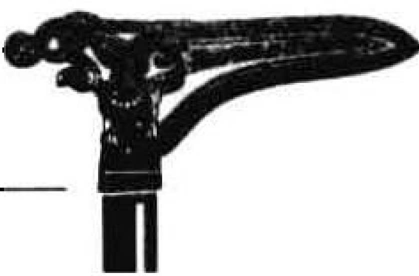
手工编织的最大缺点是速度低，质地粗疏。《淮南子·汜论训》:“伯余之初作衣也，緂麻索缕，手经指挂，其成犹网罗。”“緂麻”即搓麻。索缕，捻缕致紧。这大体反映了原始手工编织时代的生产工艺和产品质量。经长时间探索、实践后，人们终于发明出了一种原始的织机。

目前在考古发掘中所见，与原始织机有关的实物皆属新石器时代晚期，主要是两类：（1）是前述青台、草鞋山、钱山漾等地出土的织物残件；（2）是河姆渡文化[41][24][25]、杭州反山良渚文化墓地出土的原始“织机”部件[48][49]。河姆渡的织机部件有：定经杆、综杆、绞纱棒、分经木、木质梭形器、机刀、布轴等，属第一、二层文化（图1－5－1）；反山出土有6件镶插端饰。下以河姆渡出土部件作一说明①。

定经杆和综杆。河姆渡文化一期（最下层）出土有一批大小不同的三种硬木棍：（1）断面为圆形，且端部削尖者，计18根。有的一端削尖，另一端磨平或修圆；有的两端削尖。长多为25厘米，最长达40厘米。（2）带榫且稍小者，计8根。一端有圆锥形或圆柱形榫头。断面为方形或矩形，少数近于半圆形。（3）两头近端部处各有一周凹槽者，计4根。一般认为，这些不同形式的小木棒，多数应当是原始织机上的定经杆、综杆、绞纱杆、分经杆等部件，有的则可能是某种复合器具上的构件。从民族学资料看，那些较细，两端大小相同的小木棒，则应是织机上的定经杆、综杆等部件。

木匕和骨匕。河姆渡文化一期出土木匕、骨匕，计37件：（1）木匕，4件，刀形和长方形各2件。一件刀形匕长16.3厘米、宽2.6厘米，硬木质，磨制，背

① 学术界对河姆渡织机具的基本看法是一致的，但对待每一件具体器物上则可能存在一些差别。如文献[25]说河姆渡一期所出木匕8件，骨匕69件，计77件；但文献[49]却说总计只有37件。本书在讨论织机具时，暂以文献[49]为准。



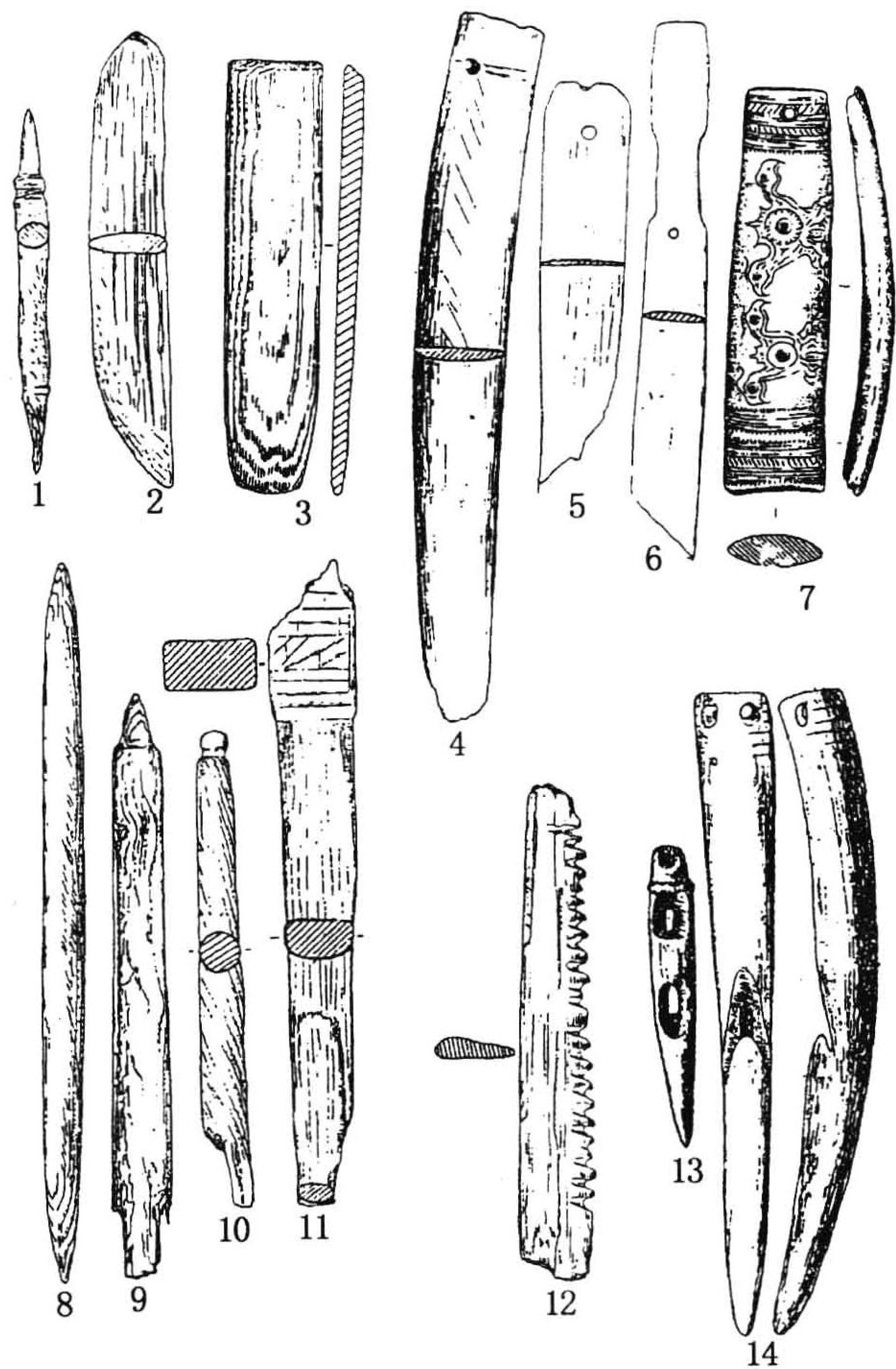


图 1－5－1　河姆渡出土的原始织机部件

1. 棒 T33④:94	2. 匕 T27④:17	3. 匕 T1 采
4. Ⅰ式匕 T1④:97	5. Ⅰ式匕 T1④:35	6. Ⅱ式匕 17④:85
7. 有柄匕 T21④:18	8. 棒 T26④:53	9. 带榫小木棒 T16④:43
10. 棒 T18④:47	11. 棒 T33④:71	12. 木质齿状器 T226④:1051
13. Ⅰ式梭形器 T20④:28	14. Ⅱ式梭形器 T29④:56	采自文献[41][24]

部平直且较厚，刃部较薄，略呈弧形；另一刀形匕残长 39 厘米，亦是背部平直。一件长方形木匕长 15.5 厘米、宽 3.3 厘米，一端平直，一端略呈弧形。一般认为，这类木匕很可能是打纬刀，外形与 20 世纪 50 年代以前杭州手工织带的木纬刀相似。（2）骨匕，27 件，以兽类肋骨对剖后通体修磨而成，表面十分光洁。计两式：Ⅰ式 23 件，较为轻巧，前端呈圆弧状，且较光滑，后端较为平直，后端或中部常有一、二个或多个孔洞。其中一件长 25.1 厘米、宽 3.1 厘米、厚 0.4 厘米，后端有一个孔洞。Ⅱ式计 4 件，与Ⅰ式不同处是，近后端的两侧刻有凹槽。其中一件残长 19.4 厘米。（3）带柄骨匕，6 件，皆以兽类肋骨制成。一般认为，这种骨匕和带柄骨匕既可用作食具，亦可用于打纬。河姆渡第二次发掘时，在第四层也发现

过一件骨质纬刀状物，长31.7厘米、宽3.7厘米，横断面呈月牙形，一端穿有二个小孔，磨制光滑。

木质卷布轴。河姆渡第二次发掘时，第4文化层出土1件。实为圆形木棍，长24.55厘米、径1.78厘米；两端削成四方形，且各刻有凹槽。此长度与人的腹宽相近，两端凹槽是为栓系腰带，并防止布轴转动。

河姆渡第二次发掘时，在第4文化层还出土过木质齿状物一件，状如理发用的牙剪，残长21.73厘米、宽2.75厘米、厚1.05厘米，很可能是梳理经纱的工具。此外还有一件木质齿状物，残长7厘米、宽3厘米、厚0.5厘米，据推测，很可能是用来固定经纱的。

一般认为，反山良渚织机比河姆渡的织机更为完善，卷布轴、经轴、开口刀都已具备[49]。

古代世界的原始织机有许多类型，常见的有原始腰机、综版式织机、竖机等；前两种织机的经面都是水平的，后者则是竖直的，结构都十分简单。从河姆渡、草鞋山、钱山漾考古发掘来看，我国新石器时代已有原始腰机无疑，是否还有一些其他类型的织机，可以进一步研究。

从上述考古资料以及民俗资料来看，原始腰机的主要部件是：两根横木、一把打纬刀、一个杼子、一根较粗的分经棍和一根较细的综杆。两横木相当于现代织机上的卷布轴和经轴，杼子可能只是骨针或一根木杆[50]，上面带着纬线。分经棍把奇偶数经纱分成上下两层，经纱的一端系于木柱上（或绕成环状），另一端系于织造者腰部。没有机架，织造时，织工席地而坐，利用分经棍形成一个自然的梭口，用杼子穿引纬线，用打纬刀打纬。第二梭时，提起综杆，将下层经纱带起，再次形成梭口；打纬刀放入梭口，立起砍刀固定梭口，杼子引线。若遇有开口不清，则于上层经纱之上加一较粗的压辊，以防止上层经纱同时浮动，如此往复交替，不断织作。织造时，经纱张力是靠腰背来控制的。从河姆渡打纬刀长度看，当时的织物幅宽只有30厘米左右[51]。直到20世纪40年代末，本人在广西农村还看到过类似的腰机，所见主要是用来织造一些窄幅的头带、飘带等带有图案的织物。

原始腰机的主要技术成果是使用了综杆、分经棍和打纬刀。综杆使需要吊起的经纱能同时起落，使纬纱一次引入；打纬则使纬线更为紧密，从而较好地完成了开口、引纬、打纬三项主要操作，使原始织机具有了机械装置的特点。

原始机织技术较大地提高了织物的产量和质量。草鞋山3件葛织品为原始的绞纱织物，织物残片的一头可见山形和菱形花纹，花纹处的纬纱曲折变化，罗纹纬纱上下绞结。经纱为双股，经密约10根/厘米，纬密在罗纹部约为26～28根/厘米，地部为13～14根/厘米。在山形和菱形花纹外，纬纱弯曲变化，无疑是骨针穿引而织成的。罗纹部的纬纱扭绞得很有规则，当系起综后，打纬刀放入梭口立起，张开梭口，然后用骨针上下穿引织作，以形成原始绞纬织物的。此法的特点是：不引通纬线，有如编织技术与腰机的结合[19][51]。类似的织法在半坡陶器的布纹印痕上也曾看到，这种布是由两条纬线绞穿经线而成的，纹样留有明显的相互绞缠的痕迹。



荥阳青台仰韶文化中晚期的麻织物皆为平纹（表1－5－1），经纬密度为10～12.5根/厘米，麻纱稍密，经纬密度较为均匀，经纬纱较为齐整；当是使用了原始腰机。青台丝织品有平纹纱和二经绞罗两种组织，平纹纱的经向、纬向密度分别为10根/厘米、8根/厘米；绞经组织的经向、纬向密度则分别为30根/厘米、8根/厘米。二经绞罗即两根经丝相绞织入一根纬丝，具体织法应是：左经和右经互相绞成织口，通入纬纱，之后左右经交换位置进行绞缠，再引入纬纱。罗织物的技术要求较平纹纱为高，产量也较低，它的出现，是原始织造技术的一大进步[22]。《世本》（雷学淇校辑）云："芒氏作罗。"汉宋衷曰："芒，庖牺臣。"说明罗的产生也是很早的。

表1－5－1　　荥阳青台仰韶文化丝、麻织物技术检测

序号	坑　位	断　代	原料	织物组织	织物尺寸（毫米）	经纱投影宽度（毫米）	纬纱投影宽度（毫米）	经向密度（根/厘米）	纬向密度（根/厘米）
1	T11W164	中期	丝	平纹	30×25	0.2	0.3	10	8
2	T11W164	中期	丝	二经绞罗	25×12	0.2	0.4	30	8
3	T11W164	中期	麻	平纹	12×11	0.3	0.3	12.5	12.5
4	T26W486	中期	麻	平纹	12×11	0.3	0.3	12.5	12.5
5	T12H163	中晚期	麻	麻绳	60×12	0.6	（Z捻）	（5捻/10厘米）	
6	T11W142	晚期	麻	平纹	20×10	0.4～0.5	0.6	10	10
7	T11W142	晚期	麻	平纹	35×40	0.2～0.3	0.2～0.3	12	12
8	T11W142	晚期	麻	平纹	35×28	0.3～0.4	0.4～0.6	8～9	12.5
9	T11W142	晚期	麻	平纹	48×25	0.2	0.3	9	8～9
10	T11W142	晚期	麻	平纹	30×30	0.3	0.4	10	10
11	T12W217	晚期	麻	平纹	12×11	0.3	0.3	12.5	12.5

注：采自文献[21][22]。

腰机在我国沿用了相当长一个历史时期，直到近现代仍在边远地区保存着。云南晋宁石寨山墓M1出土的铜质贮贝器盖上，铸有一组纺织图像（图1－5－2）[52]，有的与少数民族地区的传统腰机十分相似。

布帛的出现是人类改造自然的一项重大胜利；原始织机的出现更是人类认识和生产技术上的一次飞跃。有了织机，才真正地有了纺织技术。《韩非子·五蠹》说：部落联盟领袖尧"冬日麑裘，夏日葛衣"。这传说也在一定程度上反映了铜石并用时代，中原一带纺织技术的发展情况。

在此有一点需顺带指出的是，在相当长一个时期，我国古代的纺织业是以麻织为大宗的，夏商之前更是如此；当时一般平民皆着麻衣，故俗谓"布衣"，转意即是着麻布衣之人；"布衣"，明清以前皆指麻布是也。《战国策·赵策二》云："天下之卿相人臣，乃至布衣之士，莫不高贤大王之行义。"《吕氏春秋·达郁》云："人主之行与布衣异。"《史记》卷八七"李斯传"："今秦王欲吞天下，称帝而治。此布衣驰骛之时，而游说者之秋也。"此"布衣"皆指一般百姓。有学者认为我国"早期的纺织工业，主要是丝织业，其次为麻织业。"[53]这话似不太准确，只能说在技术上，丝织是水平最高的。

五、纺织品的早期漂练和着色技术

人类自降生到地球上，便开始打扮自己和美化自己的生活。据报道，山顶洞人的许多饰器上都留有赤铁矿染红的痕迹[54]，这显然是一种饰物着色、纹身式装饰的颜料。新石器时代之后，这种着色技术有了进一步发展，除了饰器和人体外，

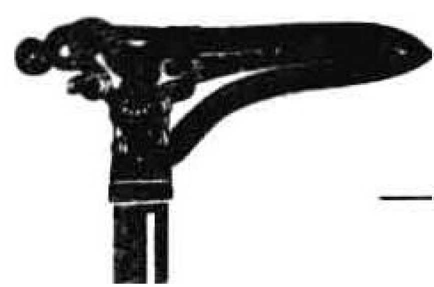




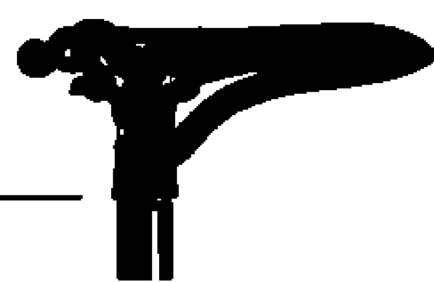
图1-5-2 晋宁石寨山汉代贮贝器纺织铸像复原图

采自文献[52][29]

还广泛地应用到了陶器、木漆器和其他生活日用器上。如前所云，仰韶文化彩陶已十分巧妙地使用了红、白、黑三种颜色[55]。当时的着色剂可能主要是赤铁矿、木炭、朱砂等物[56]；使用某种类似于毛笔，或细棍制的工具绘制而成；这种毛笔可由鸟兽细毛或植物纤维制成[57]。一般认为，早期纺织品着色方式可有两种，一是绘制，使用与陶器相类似的绘画方式，将图案绘制到衣物上。这显然受到过彩陶技术和纹身技术的影响。二是使布匹或衣物整体染色。目前在考古发掘中所见最早染色织物是荥阳青台浅绛色罗，属仰韶文化中期[22]。但因标本太少，其着色工艺甚难了解。一般而言，人类最早使用的着色剂应当是矿物性颜料，之后才发展到植物性染料的阶段，但并不能排除此青台丝织物为草染的可能性。

人们在研究青台丝织物时，还有一个较为重要的发现，即其丝胶残留量较少，单茧丝纤维间呈分离半松散状态。依此人们推测，其上色前很可能进行过水冻或煮练等脱胶处理，这将有利于上色和提高着色牢度[22]。如若鉴定无误的话，这便是纺织纤维的一种早期漂练。至于具体如何操作，是否有意进行，则有待更多的考古实物来证实。

在古史传说中，关于染色技术的记载大体上亦属新石器时代晚期，及至铜石并用时代。传说当时便已发明了草染和多种色彩。《后汉书》卷一一六“南蛮传”载，昔高辛氏时，南蛮已能“织绩木皮，染以草实，好五色衣服”，“衣裳斑斓”。《史记》卷一“五帝纪”:“帝喾高辛氏者，黄帝之曾孙也。”若依此，在帝喾高辛氏之时，便有了草染，且有了五色。但黄帝为传说性的人物，大体相当于仰韶文化中、晚期。又，《史记》卷一“五帝纪”载，尧之时，“同律度量衡，修五礼、五玉、三帛”。郑玄注“三帛”云:“高阳氏後用赤缯，高辛氏後用黑缯，其余诸侯



皆用白缯。"① 若依此说，尧之时，或"高阳氏後"、"高辛氏後"便大量地使用了赤、黑、白三色，并使之成了某种区别的标志。尧应相当于龙山文化晚期时。又，《书·益稷》云：禹之时，"以五采彰施于五色，作服，汝明制之"。孔氏注："以五采明施于五色，作尊卑之服，汝明制之。"这是我国古代以服饰之色作为等级标志的最早记载。禹原传位于益，启诛益而建立夏朝②。有学者认为在夏以前，我国已形成了部落联盟式的联邦制王朝[58]，故禹之时，或稍前，以三色、五色作为等级标志也是完全可能的。

所以，由有关考古实物和文献记载看，纺织品着色技术发明于新石器时代晚期，即仰韶文化时期是肯定的；且存在当时已使用植物性染料的可能性。所谓植物性染料，其实就是植物的某种浆液；20 世纪 50 年代以前，民间许多地方仍有使用，其制作工艺亦较简单。

六、原始的纺织品

如前所云，我国考古发掘中所见最早的纺织品属新石器时代晚期，之后便逐渐多了起来。这些纺织品自然是较为原始的，其中较值得注意的有如下三点：

1. 此期的纺织纤维，至少包括葛、大麻、苎麻、蚕丝等种。葛，如草鞋山马家浜文化织物；大麻，如青台仰韶文化织物；苎麻，如钱山漾良渚文化织物；蚕丝，如青台、钱山漾织物等。

2. 到新石器时代晚期和铜石并用时代，纱线细度和织物的经纬密度都已达到一定水平。如钱山漾良渚文化绢片，平纹，表面光洁细腻，其经纬向丝线至少是由20多个茧缫制，未曾加捻，丝缕平直，股线平均直径为 167 微米，经密 52.7 根/厘米，纬密 48 根/厘米。与现代生产的 H11153 电力纺的规格十分接近。该处所出苎麻布亦是平纹，经密 30.4 根/厘米，纬密 20.5 根/厘米；有明显的捻度，都显示了相当的技术水平。比半坡陶器印纹上的布纹稠密得多[51]，较草鞋山和青台纺织品也有不少进步。

3. 此期的织物组织不仅有平纹，同时还出现了罗纹组织，这种原始纱罗在草鞋山和青台都可以看到。

第六节　冶金技术的发明

人类已有了三四百万年的历史③，但开始使用金属却是最近一万年左右的事。一般认为，人类使用金属最早的地方是中东的小亚细亚一带，人们曾在伊朗境内发现过公元前 9000 ~ 前 8000 年的自然铜小件饰物；又在土耳其南端靠近地中海的

① "高阳氏後"、"高辛氏後"，其中的"後"字都是"後人"之意，是不能简化成"后"字的。一旦简化，意思就完全变了。一种文字不能准确地表达人们的思想，使人有些难堪。类似的情况较多，故本书后面还会使用少量繁体字。

② 《史记·夏本纪》："及禹崩，虽授益，益之佐禹日浅，天下未洽，故诸侯皆去益而朝启。"《晋书·束皙传》引《竹书纪年》："益干启位，启杀之。"

③ 关于人类诞生的时间、地点，是各国科学家正在探讨的问题，目前存在一些不同说法，本书仍采用"三四百万年"之说。

查塔尔莹克（Catal Hüyük）发现过公元前7000～前6000年的炉渣，其中含有铜粒，但很可能是自然铜的熔渣[1]。冶炼铜约出现于公元前4600年，1973年，我国陕西临潼姜寨出土了1件黄铜残片和1件黄铜管状物，校正年代为公元前4675+135年[2][3]。与此年代相近，伊朗的锡亚尔克（Sialk）也发现过一些精致的冶炼铜制品，其中一件为针头，其工艺是先铸后锻；一件为镞，经过了退火或热加工；约皆属公元前4500年。1970年，伊朗的泰佩叶海亚（Tepe Yahya）出土过刮刀、凿子、锥子，据分析，其含砷0.3%～3.7%，约属公元前4000年。但从世界范围看，属于公元前4000年以前的冶炼遗物为数不多，公元前3500年之后，冶炼铜才逐渐增多起来。今知最早的锡青铜是美索不达米亚属于乌拜德文明（公元前3500～前3200年）的铜斧，含锡量分别为8.1%、11.1%[1]。在世界多数地区，真正的青铜时代大约是与公元前两千纪相始终的，之后便直接进入铁器时代。也有少数地区，如原苏联的北部，除埃及之外的非洲的一般地区，都不曾有过青铜时代，石器时代之后便与铁器时代紧密相连。但不管青铜时代，还是“铁器时代”，对于数百万年的人类历史来说，都是短暂的一瞬。

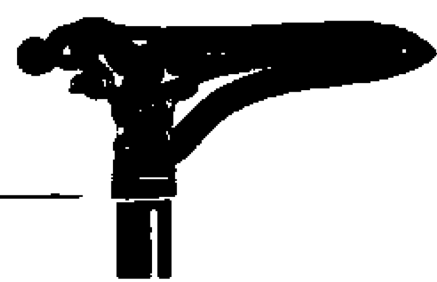
我国古代冶金技术约发明于仰韶文化早期，龙山和齐家文化后，冶铸遗物的出土地点和数量都有了增加；夏末商初，我国就进入了早期青铜时代，至迟西周晚期，又发明了炼铁术，战国中、晚期，冶铁技术有了较大发展。从考古资料看，我国始用铜、铁器的时间较中东、亚西等地稍晚，但它一经发明，便飞速发展，很快走到世界的前面，创造出古代世界最为光辉夺目的青铜文明和铁器文明。

一、早期铜器的出土情况

我国古代冶金技术发明于仰韶文化早期，包括龙山文化、齐家文化在内，出土过早期冶铸遗物的地方至少33处，可辨器形的铜器约50多件。这些地方分别是：

仰韶文化（公元前5000～前3000年）或与之相当的年代，计7处：（1）陕西临潼姜寨。1973年，其29号房址的居住面上出土半圆形铜片一件，同时在另一个探方中出土铜质管状物一件[2][3]。经分析，前者属铅黄铜，铸制；后者属简单黄铜，卷制[4]。这是我国今见最早的金属器物。经^{14}C测定并树轮校正，29号房基的炭化木椽年代为公元前4675±135年，皆属姜寨一期。（2）甘肃东乡林家。1977年在马家窑文化遗址出土完整的铸制铜刀1件，以及数块冶炼不完全的铜渣[5]。经定性分析，铜刀属青铜[6]。（3）山西榆次源涡镇。1942年曾发现一块陶片上附有铜渣[7]，年代约为公元前3000年。后经分析，铜渣成分为铜47.67%、硅26.81%、钙12.39%、铁8.00%[8]。（4）山东大汶口。其1号墓随葬的一件小骨凿上附有铜绿，含铜量为9.9%，有人认为可能是铜器加工的遗迹[9]，属大汶口文化晚期，年代约为公元前3000～前2600年。（5）辽宁建平牛河梁。1986～1988年在一座墓中出土铜环一枚，在一处建筑遗址顶部发现了大量的坩埚残片[10]。（6）1987年，西台红山文化房址发现了多块陶范，范作方形，经受过火的烧烤[11]。（7）陕西渭南仰韶文化晚期遗址出土黄铜笄1件，锻制[12]。

龙山文化（公元前2800～前2000年）及与之年代相当的地方，出土过冶铸物的地方至少17处，其中12处可能稍早于夏纪年，5处约与夏代早期相当。

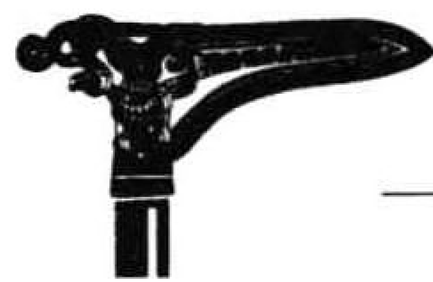


早于夏纪年的12处是：（1）胶县三里河。1974年发现两段铜钻，皆一端稍粗，一端稍细，皆铸制[13]，大体上可以对接起来。分别属锡铅黄铜和铅黄铜。（2）诸城呈子。1978年发现了一件铜片。（3）栖霞杨家圈。1981年发现了一件残铜锥，以及部分炼渣、孔雀石等炼铜原料[14]。（4）长岛北长山店子[14]。1982年发现圆形铅黄铜一片，曾经锻打[15]。（5）日照王城安尧。曾发现炼铜渣[14]。（6）临沂大范庄铜器残片[16]。（7）淮阳县平粮台。1979～1980年在龙山文化城址第三期灰坑（H15）的近底部发现一块铜渣[17]。树轮较正年代为公元前4300年。（8）山西襄汾陶寺。1983年出土红铜质铃形器1件，整体的横断面近似菱形。顶部中间有一圆形小孔，孔系整器铸成后再钻成的。后又发现过1件铜质齿轮形器和1件铜环[18]。（9）甘肃永登蒋家坪。在马厂类型的地层中出土有残铜刀1件[14]，经定性分析为锡青铜[6]。（10）甘肃酒泉县丰乐乡高苜蓿地出土马厂文化铜块1件，铸态。（11）甘肃酒泉县丰乐乡照壁滩出土马厂文化铜锥1件，锻制。经定性分析，高苜蓿地和照壁滩铜器皆为红铜[12][19]。（12）1987年，湖北天门市石家河镇邓家湾石家河文化遗址出土残铜器5件和部分铜渣，断代约公元前2400年[20]。

夏纪年之内的5处皆属今河南省境：（13）登封王城岗。在一个灰坑中出有容器残片1件，表面锈蚀严重，很像是铜鬶的腹与袋状足部分的残片。属王城岗龙山文化四期，铸制[21][22]，约属公元前1900年。这是我国今见最早的容器（残片）。（14）郑州西郊牛砦村。20世纪50年代前期，在龙山文化遗址C13T1第三层出土有熔化铅青铜的炉壁残块[23]。（15）郑州董砦。在王湾三期地层内出土有方形铜片1件[24]。（16）临汝煤山。在其龙山文化遗址第二期两个灰坑中都出土有泥质的熔铜炉底残块[25]，炉壁上的“铜痕迹”含铜量近于95%。树轮较正年代为公元前2000年，早于二里头一期。（17）河北唐山大城山。1955年发现2件斧形铜饰牌，皆锻制[14][26]。

在上述17处出土地点中，属今山东6处、河南5处，甘肃3处，湖北、河北、山西各1处。

出土过齐家文化冶铸遗物的至少9处，即：（1）甘肃武威皇娘娘台。20世纪50年代和70年代，先后出土过30件铜器，其中有铜锥15件、铜刀6件、铜钻头2件，铜凿、铜环、条形器各1件、铜残片4件。人们对其中8件锥、2件刀、1件条形器进行了定性分析，皆为红铜。其中锥15件、刀3件、凿1件为锻制；刀3件、条形器1件为铸制[6][12][24][27]。（2）甘肃永靖大何庄。出土铜匕1件，残铜片1件[28]。（3）甘肃永靖秦魏家遗址。计出土7件，即斧形器1件、铜锥1件、铜指环2件、铜装饰品2件[29]、铜尖1件[30]。经定性分析，其中1件铜锥为铅锡青铜，1件斧形器为红铜[6]，1件铜尖亦为红铜[12]。锥1件、环1件为锻制，斧1件为铸制[12][4]。（4）甘肃广河齐家坪。出土铜质空首斧1件、镜1件，皆铸制[14]，经定性分析为红铜，镜为青铜[6]。（5）广河西坪，墓葬出土铜镰1件，铸制[31][14][12]，经定性分析为红铜[12]。（6）甘肃临夏县。采集骨柄铜刃刀1件[32]，经定性分析为锡青铜[12]。（7）甘肃岷县杏林，出土铜刀、铜斧各1件，皆铸制[33]。（8）青海贵南县尕马台，墓葬出土有铜镜、铜指环、铜泡等。镜为铸制[34]。（9）青海互助土族自治县总寨乡。1979年、1980年出土铜刀2件，骨柄铜刀2件、骨柄铜锥2件[35]。齐家文化为公元前2200～前1800年（图1－6－1）。



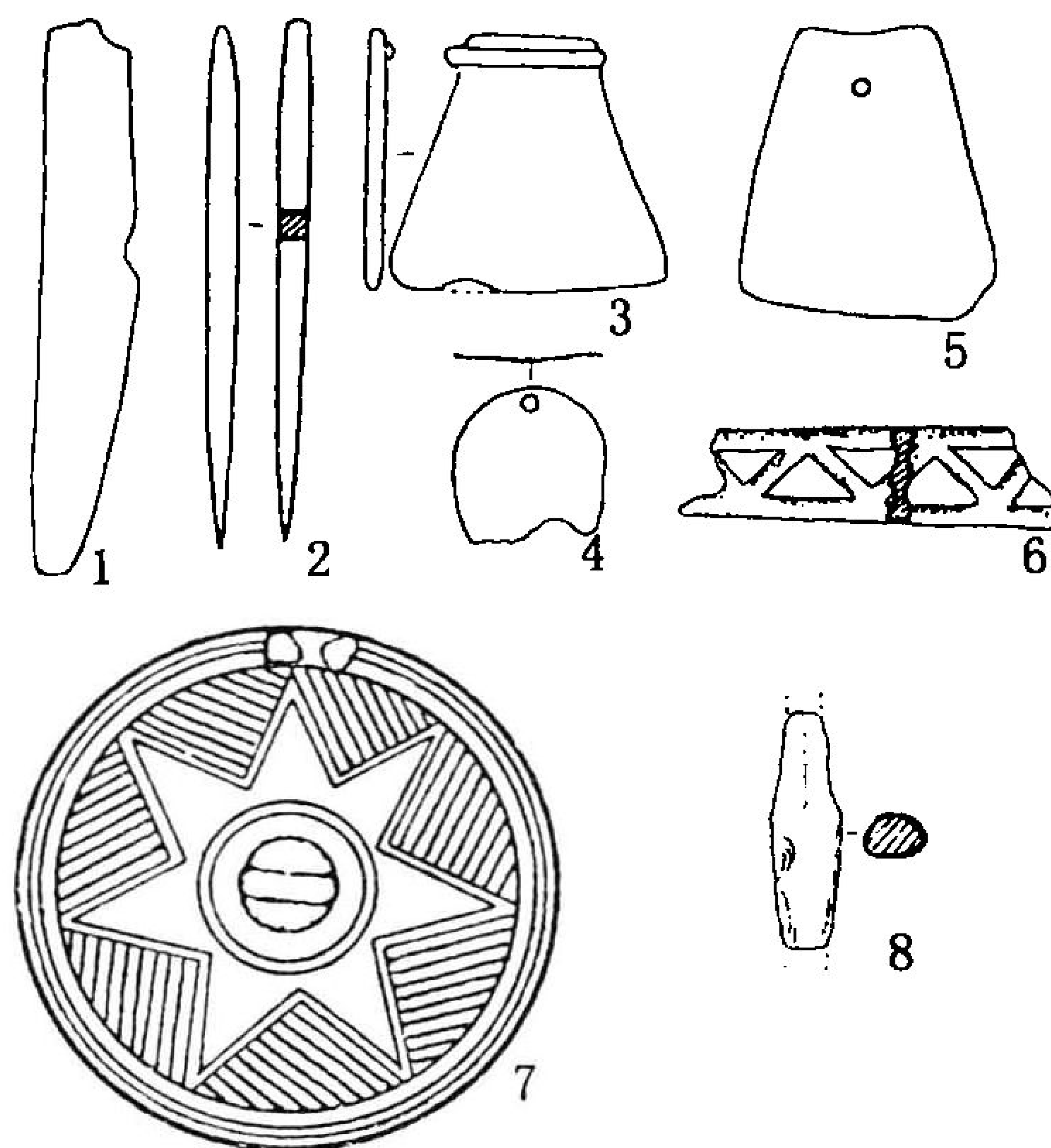


图1-6-1　龙山、夏家店下层和齐家文化铜器

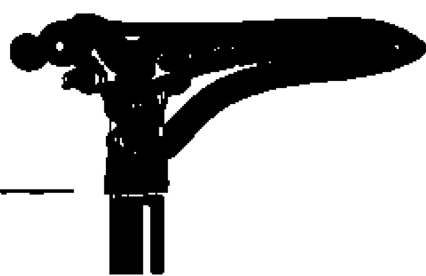
1. 大何庄齐家文化铜匕　2. 秦魏家齐家文化铜锥　3. 秦魏家齐家文化斧形器
4. 秦魏家齐家文化坠饰　5. 大城山夏家店下层文化斧形器
6. 皇娘娘台齐家文化刀柄（条形器）　7. 尕马尔台齐家文化七角星纹镜
8. 杨家圈二期龙山文化铜锥　采自文献[14]

这是仰韶文化、龙山文化、齐家文化及其与之年代相当的诸考古文化早期冶铸遗物的出土情况。其特点是：（1）分布地域稍窄，主要在北方的山东、河南、辽宁、内蒙、山西、陕西、甘肃、青海等省。长江流域及其之南的唯湖北一处。（2）数量还不是太多，由仰韶文化早期到齐家文化，计有2500年以上的时间，除了坩埚片、陶范之外，各种铜器加在一起大约也只有70余件，并且其中相当一部分集中在公元前2000～前2500年之间。（3）器形多较简单、粗糙，主要是小型日用器和小生产工具。多为素面，只有少数呈现简单的几何学纹。可辨器形者约50多件中，最多的是铜锥，约20件，其次是铜刀，约12件。器形较复杂的要算陶寺铜铃、登封铜鬶和尕马台七角星纹镜。体形较大的生产工具只有一种铜斧，容器只见王城岗铜鬶1件残片。（4）其青铜器所含锡、铅量都较低，故有关器物的铸造、加工和使用性能都是欠佳的。

我国古代开始冶炼和使用金属的各种传说也属这一时期。《史记》卷二八“封禅书”:“黄帝采首山铜，铸鼎于荆山下。”首山，在今河南襄城县境。《洞冥记》:“此刀，黄帝采首山之金铸之。”《世本》（雷学淇校辑）“作”篇:“蚩尤以金作兵器。”宋衷曰:“蚩尤，神农臣也。”黄帝和蚩尤都是传说中的人，一般认为，其应处于父系社会高度发展、私有制将要产生或已经产生、部落战争日益加剧的阶段，应相当于新石器时代晚期，或说仰韶文化中、晚期。

二、铜的早期冶炼和成型技术

人类之冶铜、用铜大体上经历了三个不同的阶段：（1）直接使用自然铜，用冷锻或浇铸方式成型。（2）用单金属矿直接冶炼出红铜，或利用双金属、多金属



共生矿直接冶炼出青铜、黄铜或白铜。(3) 有意识地利用两种和多种矿物或金属，采用某种方式，冶炼和配制出铜的合金。因各种条件的限制，这三个阶段在各国经历的时间是不太一样的。从仰韶文化到齐家文化，我国当处在第一、二阶段上，二里头文化之后，便逐渐进入了第三阶段。

表 1－6－1　　早期铜器(片)定量半定量分析

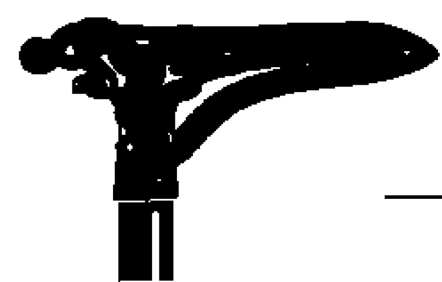
名称器号	地点文化类型	成　分(%)							合金类型	文献
		铜	锡	铅	锌	铁	硫	银		
铜片 T74F29:15	姜寨,仰韶	66.54	0.87	5.92	25.56	1.11			铅黄铜	[4]
铜片 T259(3):39	姜寨,仰韶	69.0			32.0	0.5	0.5~0.6		简单黄铜	[4]
铜钻粗端 T110(2):11	胶县	余量	2.12	2.74	22.8	未	未		锡铅黄铜	[6]
铜钻粗端 T21(2):11	龙山	余量	0.35	2.53	26.44	0.035	0.585		铅黄铜	[6]
圆形铜片 LC14	长岛,龙山	61.659	0.319	2.404	34.888	0.0728			铅黄铜	[15]
铃形器	陶寺,龙山	97.86		1.54	0.16				红铜	[18]
容器 H617:14	王城岗,龙山		7(+)	微					锡青铜	[37]
饰牌 T10(2):335	唐山大城山	99.33							红铜	[8]
饰牌 T10(2):339	唐山大城山	97.97	0.17						红铜	[8]
铜刀 AT5:249	皇娘娘台,齐家	99.63~99.87	0.1~0.3	<0.03					红铜	[27]
铜锥 A13:1	皇娘娘台,齐家	99.87	0.1	<0.03					红铜	[27]
铜片 T30:2	大何庄,齐家	96.96	0.02	痕					红铜	[28]
铜环 M99:6	秦魏家,齐家	95(±)		5(±)					铅青铜	[6]
铜镜	尕马台,齐家	91.4	8.76						锡青铜	[36]

人们先后对早期铜器中的23件标本进行过定性分析，这在前面已经谈到，表1－6－1所列是另外14件标本的定量、半定量分析结果。可知其合金成分大体上有三种不同类型：(1) 红铜，计23件，如武威皇娘娘台铜刀AT5:249、铜锥A13:1、广河齐家坪铜斧等，占试样总数的62.16%。(2) 黄铜，计6件，包括姜寨铜片、铜管、渭南铜笄、店子铜片、三里河铜钻，占试样总数的15.38%。(3) 青铜，如东乡铜刀、尕马尔台铜镜等，计为8件，占试样总数的23.08%。这三种不同成分的铜器中，第一种可能多为自然铜，第二、三种可能是共生矿直接冶炼得到的。

(一) 关于自然铜

从世界范围看，许多古文化区都曾经历过使用自然铜的漫长阶段。在西亚，公元前9000年前后就使用了这种金属，直到公元前4千纪，依然以为自然铜为主。在小亚细亚，查塔尔萤克（Catal Hüyük）和苏贝尔特（Suberde）分别出土过铜珠和铜丝，很可能也是自然铜的，断代为公元前7000～前6000年。阿里喀什（Ali Kosh）也出土过一些铜珠，曾经锻打加工，也是自然铜制品，断代为公元前7000～前5800年。埃及最早的铜制品大约是公元前5000～前4000年间的铜锥和铜针，可能都是自然铜制品。从表1－6－1所示的分析资料看，红铜制品在我国早期铜器中所占比例也是较高的，其中相当部分可能是自然铜。但我国是否存在过单独使用自然铜的阶段，目前尚无确凿依据。姜寨黄铜片、黄铜管应是人工冶炼的制品。在国外，今见较为确凿的较早的人工冶炼制品应是伊朗泰佩叶海亚（Tepe Yahya）出土的凿、锥、刮刀，断代为公元前3800年[1]，较姜寨黄铜片、黄铜管稍晚。

自然铜分布较广，国内外大小铜矿几乎都有一定的蕴藏。1943年《甘肃地质矿产调查报告》载，“武威、张掖、酒泉之南……祁连山北麓各沟谷中之砂砾层，含有大块自然铜；普通皆长三寸，宽二寸，所见之最大者，长一尺余，宽六寸，厚三寸，皆无棱角。”[38]这种大块自然铜，是很容易为齐家文化人发现和利用的。



据湖北大冶铜绿山考古队报道，铜绿山春秋战国古矿遗址大理岩周围，在红色粘土沉淀中也有自然铜、孔雀石和赤铜矿。老窿中看到的矿物主要有孔雀石、自然铜（粉状粒）、磁铁矿和赤铁矿，在老窿底部今仍见有富集而松软的自然铜和孔雀石[39]，这都是古人采集的主要矿物。

自然铜一般十分纯净，有时含有一定量的银或铁。要区分未经重新熔化过的自然铜是比较容易的，因其组织和成分皆不甚均匀，有的晶粒较粗，有的含有较小的角状晶，有时包含有较大的空穴，隙缝中还经常沉集一些非金属夹杂，在一块铜的不同部位亦常有成分偏析。这种组织和成分的不均匀性在锻打后仍可保存下来，只要加热温度不是太高，一些可溶性杂质就来不及扩散。一经熔化，非金属夹杂物便会分离出去，可溶性杂质就会被均匀地分布到整个铜液中，此时便很难把熔化过的自然铜与冶炼铜区分开来。为此，人们只好另找其他旁证，或者依经验来判断。一般而言，纯度较高的早期铸造红铜，可能多数都是自然铜[1]。

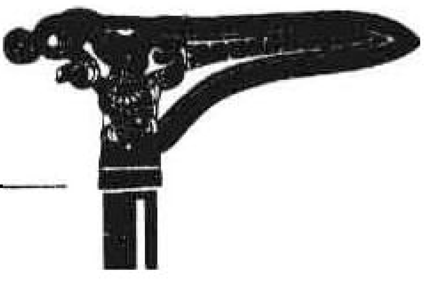
（二）关于早期氧化矿冶炼

自然界中的铜主要有3种存在形式，即硫化矿、氧化矿、自然铜。其中主要是硫化矿，它又包括黄铜矿 $CuFeS_2$、辉铜矿 Cu_2S、斑铜矿 Cu_3FeS_3 等；黄铜矿约占去世界铜矿总量的2/3左右。氧化矿是由原生硫化矿在地下水等的渗透作用下，经分解、氧化等作用转变而成，主要有赤铜矿 Cu_2O、蓝铜矿 $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$、孔雀石 $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$、黑铜矿 CuO、硅孔雀石 $CuSiO_3 \cdot 2H_2O$ 等。有的自然铜可能是近地表的热水溶液析出，有的则与含铜矿物的风化有关。在地壳中，氧化矿较少，自然铜更少。氧化矿的冶炼较为简单，木炭还原后便可得到粗铜，再加精炼即可得到精铜。早期冶炼铜主要是氧化矿冶炼得到。

（三）关于早期共生矿冶炼技术

英国学者泰莱柯特曾对此作过许多研究[1]。从大量实物资料看，在欧亚大陆，以及埃及等古文化区的许多地方，铜石并用时代、早期青铜时代及其之后一个时期，都曾用共生矿直接冶炼过铜合金，其品种包括砷铜、锑铜，以及低锡青铜等。铜砷共生矿并不乏见，以色列铜石并用时代的提姆纳（Timna）工场附近就有这类矿床，其冶炼产品不但含砷，有时甚至含量较高。甘肃民乐东灰山四坝文化遗址（约与夏代晚期相当）[40]，内蒙林西大井夏家店上层文化，都发现过铜砷合金，当亦共生矿炼成。从冶炼技术上看，砷是易挥发之物，但氧化矿经还原冶炼后，只要坩埚较深，并拥有还原性气氛，砷的逸出量也是很少的。唯当共生矿是铜的硫化矿时，砷才会在焙烧过程中大量逸去。自然界中同样也存在锡铜、锑铜共生矿。而锡、锑挥发性能都较砷为低，故由共生矿直接冶炼出锡青铜、锑铜也是可能的；同样，利用共生矿直接冶炼出黄铜、铅青铜也是可能的；有时这些合金元素的含量还不是太低。

据调查，山东的昌潍、烟台、临沂等地都蕴藏有丰富的铜锌和铜锌铅共生矿，胶东福山县有铜锌共生矿，平度县有含铅的铜锌共生矿以及古采坑、炼渣、炉衬材料等遗迹，五莲县在1958年开采过含铅的铜锌矿床，日照县目前开采的一些小矿山也有铜铅锌共生的。这些矿藏都为胶县三里河人、长岛店子人炼制或使用黄铜创造了很好的条件。所以从资源上看，先民们利用共生矿炼制黄铜完全可能。为了解共生矿冶炼黄铜的可能性，有学者还进行过多次试验。结果表明：（1）单



金属与氧化矿作混合冶炼时，可以得到黄铜，而且产品含锌量较高。（2）利用共生矿冶炼时，也可得到黄铜，但产品含锌量较低。有关学者认为，这很可能与选用矿料含铅量较高有关[27]。虽试验并不十分理想，但还可以进一步研究。

（四）关于早期铜器的成型技术

从考古实物的形制考查和科学分析来看，我国早期金属成型已使用了锻造和铸造两种工艺。大凡小件器物，如锥、指环等多为锻制，1957～1959年，皇娘娘台出土了15件铜锥、1件铜凿，都曾锻打过；而大件器物，如斧，则多是铸制的；刀则有锻有铸[12][24][27]。在前述仰韶龙山文化器物中，铸者7件，锻者5件，铸件比例是较高的，但前述齐家文化器物中，有铸者11件，锻者19件，明显地显示了以锻为主的事实，这应是一般早期金属成型法的一个重要特点。值得注意的是，此铸件比例较大，在整个早期铜器中，铸件已占42.85%，这是我国早期金属成型法的一个重要特点。铸造技术的出现，为金属成型开辟了一条广阔的道路。

早期铜器的铸造技术较为简单，多为单面范、双合范。前者如东乡铜刀、皇娘娘台采集的铜刀等，后者如皇娘娘台条形器等；只有少数，如襄汾陶寺铃形铜器，广河齐家坪空首斧和七角星纹镜的造型稍见复杂。其中陶寺铃形器可能使用了一个芯子和两块外范[41]。今见最早的铸范是西台红山文化（公元前4600～前2800年）陶范，但因其已残为多块而形制难辨。从实物考察来看，陶寺铃形器是泥型铸造的，所以它是今日确知的我国最早的泥型铸件。

据研究，陶寺铃形器的铸造工艺可能是这样：（1）先做一个泥模，连芯头做在一起，之后依模翻范。（2）阴干后分型成两块，在两壁范上同时翻出芯座。在芯头和芯座上安排有相应的榫、卯，其有三角形和长方形；靠芯头、芯座固定泥范。（3）阴干、烘烤后合范。（4）做范芯。范芯一般应是另外制作的，将泥模薄薄地刮去一层亦可。（5）在芯头两个长边处修出浇口，然后外边糊上一层草拌泥，干燥后浇注。铸件顶部及两壁见有砂眼，表面粗糙，厚薄不均；壁厚0.28厘米，顶部厚只有0.17厘米。顶部还有一个“浇不到”的孔洞，几乎占去顶部总面积的1/5，故铸造技术不高[41]。

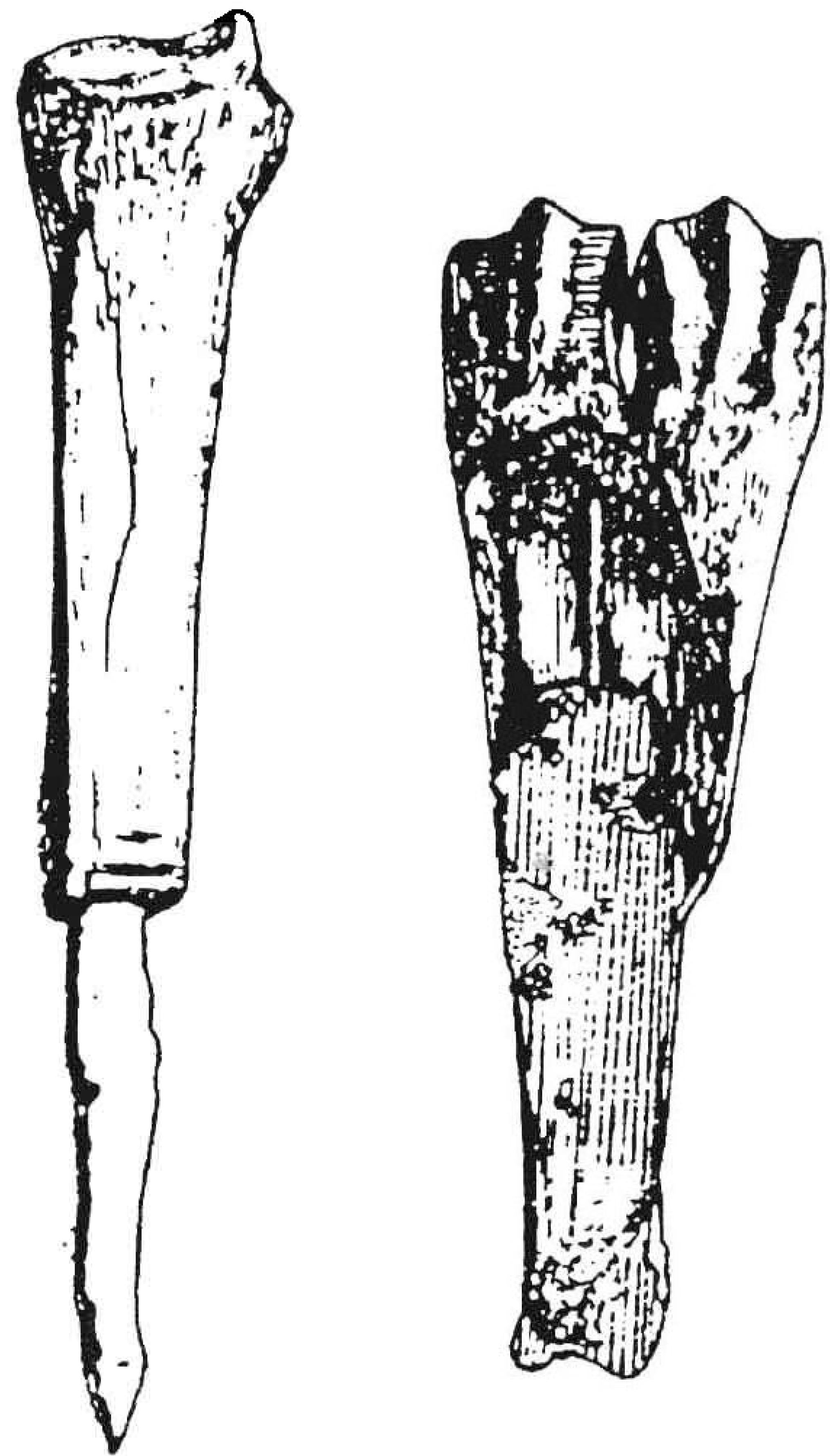
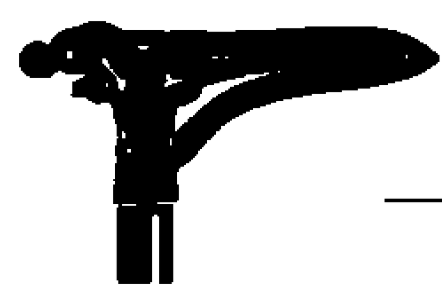


图1－6－2　总寨骨柄铜锥和骨柄铜刀

左．骨柄铜锥　右．骨柄铜刀

采自文献[35]

从金相分析看，姜寨黄铜片、长岛店子铜片、三里河两段铜锥、王城岗铜鬶残片和秦魏家铜斧等皆为铸态。姜寨铜片基体为α黄铜，稍呈树枝状偏析（图版壹，1、2）[4]。店子铜片曾作局部轻加工，观察面上见有少量滑移线，看来还有一些回复（图版壹，3、4）[15]。王城岗容器残片基体为α相，并呈现树枝状结晶，基体上析出有（α＋δ）共析体（图版壹，5、6）[37]。



此外，齐家文化人还制作了一种骨柄铜刃刀和骨柄铜锥，考古界谓之“复合工具”。青海总寨出土骨柄铜刃刀2件，呈片状，一件长5厘米、宽1厘米，两面开刃，一端镶在骨柄内；还出土骨柄铜锥2件，其中一件的铜头长6.7厘米、宽0.5厘米，镶在兽骨制成的柄内[35]，这对于改善工具的使用性能，显然是具有重要意义的（图1-6-2）。

三、关于“铜石并用”的技术含义

一般认为，新石器时代晚期和青铜时代之间，我国曾有一个铜石并用时代。但它到底是指哪些考古文化，学术界却存在不同看法。有说它相当于龙山文化、齐家文化[14]，有说它相当于齐家文化[8][42]，还有人认为它相当于仰韶文化[43]；有说它依然是新石器时代晚期的一个部分，有人则主张把它作为一个独立的历史阶段。我们倾向于把龙山、齐家文化视为铜石并用时代的说法，但从本质上讲，它依然应当是新石器时代晚期的一个部分。从技术史角度，窃以为铜石并用时代似应具有下列三个条件。

1. 人们已冶炼并使用了一定数量的铜器，如若铜器数量过少，是很难独立地称之为铜、石“并用”的。从现有资料看，从仰韶文化早期到大汶口文化晚期，出土过冶铸遗物的地方只有7处，出土铜器（片）7件，其中属于公元前3200年以前的铜器实际上只有2件。若把这一时期单立为“铜石并用”时代，或作为铜石并用时代的一个部分，恐怕都有些名实难符。

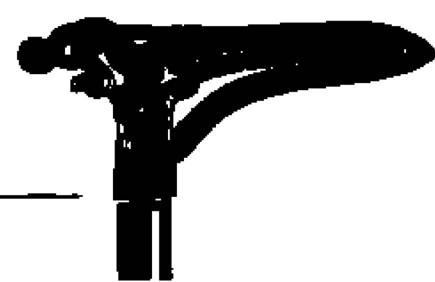
2. “铜石并用”时代的生产工具主要还是木石器，生活用器主要还是陶器。前述早期铜器（片），总计只有80余件，可辨器形的大约只有50多件，它们在社会生产中的实际作用是很小的。故实际上依然是新石器时代晚期的一个部分。

3. “铜石并用”之铜包括自然铜和冶炼铜，包括红铜和原始铜合金，它们都是用直接冶炼法制取的。铜石并用时代，应是使用红铜和原始铜合金的时代。

由这三个方面看，将龙山文化、齐家文化及其与之年代相当，并出土有一定数量铜器的考古文化视为铜石并用时代是合适的。

有学者认为，齐家文化应属于青铜时代[43]，这是值得商榷的：（1）齐家文化虽使用过少数青铜，但一般认为它是共生矿炼制，而非人工配制。原始铜合金与人工铜合金，在技术水平和认识能力上是很不一样的。（2）今见齐家文化青铜器含锡量都较低，与人们对器物使用性能的要求还相差很远。我以为，青铜时代至少应具备三个条件：（1）其青铜应是人工有意配制的，而不是利用共生矿冶炼的；（2）应具备了一定的合金知识，铜镜、兵刃器、生产工具等含锡量不应当太低。（3）青铜器应有一定的数量和品种，它在社会生产、社会生活中应占有一定的地位。齐家文化时期与这几个条件都不太相符[44]。

在此有个问题还需讨论一下，即在公元前3000～前2000年间，黄河流域等部分地区出土了一些铜器，故将龙山文化和齐家文化视为铜石并用时代是可以的，但我国幅员辽阔，各文化区的发展状况并不完全一样。在这一时期内，洞庭湖地区、珠江流域、太湖地区，至今未见这一时期的铜器出土，那么龙山文化和齐家文化铜器的出土，是否对这些地区的政治、经济、文化造成了一定影响，是否也可称之为铜石并用时代？我认为这是值得商讨的。为此，本书有时亦将良渚文化



等称之为新石器时代晚期。

第七节 采矿技术的发明

我国境内采矿技术的发明期约可追溯到旧石器时代，当时开采的是非金属矿，其中主要是制作石器的各种岩石，另有少量矿物颜料。新石器时代之后，人们又开采了陶土、玉石、煤玉、食盐，以及烧造石灰的石灰石等非金属矿。金属矿开采技术的发明年代约与冶金技术相当，当时开采的主要是铜矿，相当部分是自然铜，主要是露天开采，技术上也较简单。这里主要介绍一下煤玉和盐卤的开采。

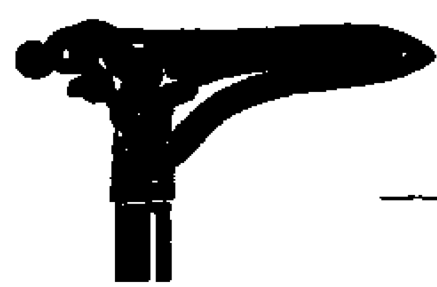
1. 煤矿。我国古代对煤炭的接触和开采，约可上推到仰韶文化早期，今见实物主要是煤玉。1973 年，辽宁沈阳市北陵附近的新乐遗址下层出土了百余件煤玉的制品和半成品。器物种类有：（1）圆形泡饰 25 件。规格不一，最大的直径 5 厘米，高 2 厘米，最小的直径 2 厘米；皆通体磨光，顶部圆厚，边薄如刃。（2）耳珰形饰 6 件，长 3 ~ 3.5 厘米，呈束腰圆锥形。（3）圆珠 15 件，直径 1 ~ 2 厘米，磨制光滑。（4）此外还有部分煤玉半成品、碎煤玉和煤块计 97 块，有的半成品上还残留有明显的切割加工痕迹，经^{14}C 测定并树轮校正，遗址距今为 6800 ~ 7200 年，与仰韶文化早期相当。因裸露于地表的煤经过了风化，是难以雕琢的，说明早在新石器时代，人们就采用了未经风化的煤炭。结合前云内蒙呼和浩特大窑采石场、广东南海县西樵山遗址等的岩石开采技术看，新乐人在露头以下采煤是完全可以实现的。这也是人类用煤的最早见证。1980 ~ 1982 年，新乐遗址又发现了一批煤玉制品，计 72 件[1][2][3]。

2. 金属矿。由前可知，我国古代冶金技术约发明于仰韶文化早期，可知我国金属矿开采技术此时也已发明出来。

3. 食盐。我国最早开采和利用食盐的年代。目前尚难定论，从有关传说和考古资料看，可能是夏商，也可能是新石器时代晚期；最早利用的盐类可能是池盐和泉卤，也可能还有海盐，或同时使用了多种盐。

《世本》（雷学淇校辑）“作” 篇云：“宿沙作煮盐。” 雷注：“宿沙氏，炎帝之诸侯，今安邑东南十里有盐宗庙。” 若依此，宿沙所作之盐当为池盐。对于宿沙氏的年代，古人的说法多较一致；对此盐之种类，文献上却有池盐和海盐等说。宋罗泌《路史》卷一三 “质沙之民自攻其主以归” 注云：“质沙，炎帝时侯者也。《世本》、《世纪》皆作夙沙。亦见《英贤录》。《文子》作宿沙，云宿沙民自攻其君，归神农氏……《世本》、《唐韵》等言夙沙煮海为盐，以为炎帝之诸侯。今安邑东南十里有盐宗庙。吕枕云：宿沙氏，煮盐之神，谓之盐宗，尊之也。或以为灵公之臣夙沙卫，非也。齐多此姓，其後尔。”[4] 炎帝与黄帝同时，约相当于仰韶文化中、晚期，若依此，则在仰韶文化中、晚期，先民们便发明了制盐技术。它可能是池盐，也可能是海盐，也可能既有池盐，也有海盐。

《禹贡》“青州” 条谈到过海盐：“海岱惟青州……厥贡盐絺，海物惟错”。孔氏传：“絺，细葛。错，杂，非一种。” 若依此说，在禹之时，我国便有了纳贡海盐的制度。若禹之时已形成了纳贡制度的话，海盐生产的发明期当可上推到新石器



时代晚期。但在今见关于海盐的考古资料中，最早却属商代晚期至西周早期，这一点下面再谈。

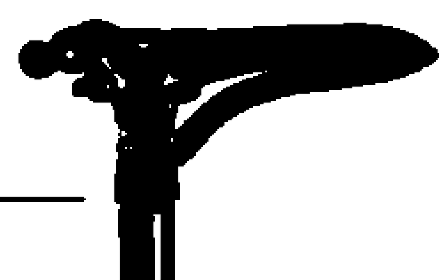
因井盐开采难度较大，故一直受到人们关注。一般而言，人们最早利用的盐卤，当是见于地表的各种泉卤和石盐，之后才是地下浅层盐卤、深层井卤。这种泉卤在重庆市不少地方都可看到，其中大家较为熟悉的一个是巫溪县的大宁盐泉，至今仍在涌流。政府对大宁盐泉的管理至迟始于东汉，之后许多文献都有记载。《蜀都赋》"滨以盐池"，刘逵注云："盐池出巴东北新井县，水出地如泉涌，可煮以为盐。"[5]据1987年的实测资料，盐卤的泉眼孔上为圆形，直径3.3厘米。旱季时，卤水浓度4.8°~5.2°Bé；雨季时，浓度很低，为1°Bé，已不可用[6]。从现有考古资料看，人们开发和利用盐卤的确切资料皆属商周。1997年后，三峡库区开展了大规模的文物抢救保护工作，在重庆忠县一带发现了多处商周盐业遗址，如瓦渣地遗址，在15000米^{2}的范围内，散布了大量这类陶器，其年代最早为西周早期①，上限达商代晚期[7][8]。另外，重庆等地还有一种石盐，古人也是不难发现和利用的。王隐《晋书·地道记》载：朐忍县（今重庆云阳县）"入汤口四十三里，有石，煮以为盐，石大者如升，小者如拳，煮之，水竭盐成"[9]。

在探讨早期采矿技术时，还有两件事需要一提。（1）有学者认为，很可能西樵山人在采石时，便使用了火爆法[10]。西樵山遗址距今约6500~6000年[11]。火爆法在后世的河渠开凿和矿物开采中都经常使用。（2）迄今为止，多处新石器时代遗址都发现了水井。较早的如河姆渡第三期发现一口木构水井。井口方形，边长约2米，每边靠坑壁向下打进许多排桩；在排桩内顶套一个由榫卯套接而成的方木框，以防排桩倾倒；排桩之上平卧十六根长圆木，以构成井口框架。井底距当时地表深约1.35米，距今约6300~6000年[12]。这对于我们了解后世井巷开采技术的发展是很有帮助的。其他如1975~1976年，洛阳矬李三期遗址发现圆形水井一口，直径1.6米，井残深6.1米；属河南龙山文化晚期[13]。1976~1978年，汤阴白营遗址出土一口水井，四壁用井字形木根自下而上一层层叠加。约属公元前2100年[14]。1987年，上海青浦县崧泽遗址第三层文化发现马家浜文化水井两座，距今5700年以上[15]。此外，上海松江汤庙村和江苏吴县澄湖出有崧泽文化的数百口圆形浅井[16]；中原龙山文化村落，如河北邯郸涧沟、山西襄汾陶寺，也发现过保存完好的水井。这两件事对我们理解新石器时代及其商周采矿技术的发展，都是很有帮助的。

第八节　髹漆技术的萌芽

髹漆，是木器、竹器等表面涂刷油漆的一项装饰、保护性措施。《汉书》卷九七下"外戚传·孝成赵皇后"："居昭阳舍，其中庭彤朱，而殿上髹漆。"唐师古注："以漆漆物谓之髹。"从现有考古资料看，我国古代的髹漆技术约发明于河姆渡

① 也有人认为重庆忠县中坝制盐陶器的年代最早为公元前3000~前1600年，代表器物是侈口深腹小平底缸；其次为公元前1600~前1100年，代表器物是耸肩小平底罐；认为它们都是储卤晒盐的容器。见曾先龙《中坝遗址在三峡库区盐业考古中的地位》，《盐业史研究》2003年第1期。若依此说，新石器时代晚期已开采和利用了盐卤是肯定的。其年代正好与黄帝、炎帝相当，有待进一步研究。



文化时期，即新石器时代晚期早段，之后便逐渐增加起来。在南方的大溪文化、马家浜文化、良渚文化，北方的龙山文化，都有漆器或相关的器物出土。此期的漆器主要是木胎，也有少数竹胎；大约当时已初步掌握了生漆的脱水技术，及掺和颜料的技术，在装饰上发明了镶嵌玉石的技术。可见在新石器时代晚期和铜石并用时代，髹漆技术已发展到一定水平。

一、早期漆器的出土情况

从考古发掘看，较为重要的早期漆器遗址主要有如下几处：

1. 余姚河姆渡。1978 年，河姆渡文化二期出土红漆木碗 1 件，系由整段圆木镂挖而成，略呈瓜棱形，制作规整，器薄而匀，略带光泽，口径 9.2～10.6 厘米、高 5.7 厘米、底径 7.2～7.6 厘米。经红外线光谱分析，其光谱图与长沙马王堆汉墓所出漆皮的裂解光谱图相似，距今约 6000～5600 年[1][2]。这是我国今见最早的漆器。

2. 常州圩墩。1972～1973 年，江苏常州圩墩马家浜文化遗址出土喇叭形木器 2 件，一件全为深黑色，另一件上半部为深黑色，下半部为暗红色；黑色表面微泛光彩，直观与现代漆器无异，距今约 6000 年[3]。

3. 吴江团结村和梅堰。1955 年江苏吴江县团结村良渚文化遗址出土漆绘彩陶杯 1 件，1959 年吴江梅堰良渚文化遗址出土棕地黄红两色彩绘黑陶壶 1 件；用化学分析法对比后得知，此陶壶的彩绘层与汉代漆器性能完全相同，而和仰韶文化的彩陶、吴江红衣陶的试验结果迥异[2][4]。良渚文化的年代为公元前 3300～前 2200 年。

4. 余杭瑶山。1987 年浙江余杭县瑶山良渚文化遗址出土嵌玉高柄朱漆杯1 件，高 29 厘米、口径 11 厘米、圈足径 12 厘米。出土时虽胎体已朽，但原有的髹漆膜依然保持原状。在杯底与圈足的结合部，及圈足近底处，各镶嵌一面弧凸、一面平整的椭圆形玉珠一周，这是我国古代最早的漆器镶嵌工艺[2]。

5. 荆州阴湘城。1997～1998 年，湖北荆州阴湘城址出土漆器 3 件，2 件属于大溪文化五期，1 件属屈家岭文化早期，距今约 5400～5000 年左右。大溪文化漆器中，一件可能是簪，木质，残长 7 厘米，一端镂一圆孔，外表以红漆为地，再用两种粗细不同的线条勾出叶脉状图案；另一件可能是箭杆，竹质，外表髹红漆。屈家岭文化漆器是一件状如木剑的钺柄，全长 59.5 厘米、宽 6.5 厘米、厚 0.8 厘米，表面以褐漆为地，其上镂刻出几何图案；手握部分的前后皆涂有红漆，在今见漆器中，这是年代较早且最为完整者，同时出土的一件小黑陶器的口沿部涂有红漆[5]。

6. 山西陶寺。1978～1980 年，山西陶寺出土近 10 种木器，多以红彩为地，以白、黄、黑、绿彩绘出鲜艳的图案，彩绘层脱落时呈卷曲状，物理性能与漆皮无异，器形与商周漆器十分相似。属龙山文化时期[6][7]。北方土壤多呈碱性，漆器较难保存，这是目前所知北方最早的漆器，也是我国最为原始的彩绘漆器。

上述是我国今见最早的漆器遗址，计 6 处，5 处属南方的浙江、江苏、湖北，一处为北方的山西。陶寺出土漆器 10 种，具体数量不明；南方 5 个地方计 10 余件，其中年代最早的属河姆渡文化一期。这些早期漆器多已朽坏，主要是木胎，

有少数竹胎，吴江团结村和梅堰的漆绘彩陶为陶胎；其彩有红、黄、白、黑、绿、褐等多种颜色，还勾画了不少几何图案，并出现了镶嵌技术。可知新石器时代晚期和铜石并用时代，我国髹漆技术已达一定水平。

文献上关于髹漆技术的记载约可上推到铜石并用时代。《困学纪闻》卷四说："漆以饰器而已。舜造漆器，群臣咸谏，防奢靡之原也。"《韩非子·十过》篇："尧禅天下，虞舜受之，作为食器，斩山木而财（材）之，削锯修其迹，流漆墨其上，输之于宫，以为食器……舜禅天下而传之于禹，禹作为祭器，墨漆其外，而朱画其内。"此说舜时已造漆器，但受到了一些限制；禹时便用它作为祭器了。又，《禹贡》：济河惟兖州，"厥贡漆丝，厥篚织文。"荆河惟豫州，"厥贡漆枲絺纻。"此说禹时，兖、豫二州皆已贡漆。此兖州，孔注为"东南据济，西北距河。"此豫州，孔注为"西南至荆山，北距河水"。这大体反映了夏代之前漆器技术的发展情况，与陶寺漆器的发掘是相适应的。

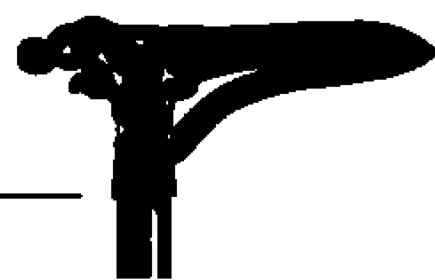
二、早期漆器的工艺推测

漆原是一种树胶、树汁，与一般树胶同样，亦较粘稠。其特殊之处是：（1）凝固稍慢；（2）在空气中氧化后会逐渐变成褐色、黑色；（3）涂在器物表面上后，具有防水、防腐、防虫的作用。有人认为，人们最初用漆，可能是为了粘固某种东西[8]；但人们很快就发现了它的防水、防腐和装饰性能，而广泛利用起来。

由现有考古资料看，新石器时代晚期和铜石并用时代的髹漆工艺大约已具备了生漆脱水、配入颜料、镶嵌绿松石等程序。

从传统技术可知，采集回来的天然生漆，通常经脱水后便可使用。最为简单的脱水法是日晒、搅拌，此可去除所含水分的30%。之后，生漆就会由乳灰色转变成半透明的棕色。自然，人们还可采用加热法来脱水，但不得超过35℃；否则，水分蒸发过快过多。这种脱水后的半透明漆有三种用途：（1）配制黑色漆。其颜料，古人大约可用烟黑之类，今人则用氢氧化铁，配比为100:5。搅匀后两周即变黑漆。（2）调配各种彩色漆。（3）作罩漆[9]。看来，早在新石器时代晚期，人们就发明了掺入颜料的技术。今在考古发掘中看到的早期漆器，几乎都不是用原生漆直接涂刷的，河姆渡、余杭瑶山、荆州阴湘的红漆，吴江团结村和梅堰良渚文化的彩绘漆、山西陶寺的多彩漆，显然都掺和了颜料。经分析，河姆渡漆碗上的红色涂料应是天然硫化汞[10]。原生漆涂刷的颜色，应是黑色的。由前可知，早在新石器时代中期，我国便发明了彩陶技术，早期彩陶在贾湖文化[11]、大地湾一期[12][13]和稍后的河姆渡一期[1][14]等处都可看到。前面提到，有学者曾对大地湾一至四期陶器的着色颜料进行了分析，其中的红色颜料有两种，即 Fe_2O_3 和 HgS[15]。另外，在夏代之前，纺织物中的印染技术也已发明；《书·益稷》云：禹之时，"以五采彰施于五色，作服"。所以，新石器时代以硃，或他物作彩，制作出彩色漆来，是毫不为奇的。至于新石器时代晚期和铜石并用时代髹漆是否用油，眼下尚无多少证据，有待进一步研究。

此期漆器之胎，为斫制与挖并用，故多较厚重。如河姆渡漆碗，器表和圈足是以斫制为主的，器内则挖空而成[16]。



参 考 文 献

第一节 旧石器时代的几项主要手工性技术

［1］任式楠:《中国史前城址考察》,《考古》1998 年第 1 期。张学海:《试论山东地区的龙山文化城》,《文物》1996 年第 3 期。孙广清:《中国史前城址与古代文明》,《中原文物》1999 年第 2 期。曹兵武:《聚落・城址・部落・古国——张学海谈海岱考古与中国文明起源》,《中原文物》2004 年第 2 期。李先登:《五帝时代与中国古代文明的起源》,《中原文物》2005 年第 5 期。王毅等:《成都平原早期城址的发现与初步研究》,张绪球:《长江中游史前城址和石家河聚落群》,此二文皆见严文明等主编:《稻作陶器和都市的起源》,文物出版社,2000 年。

按:本书的每一章都有一个开场白,其中都引用过一些文献,因其数量较少,为节省篇幅,其出处不再单独列出,暂并入第一节的文献中。各章皆然。

［2］斐文中等:《中国猿人石器研究》,科学出版社,1985 年。贾兰坡等:《三十六年来的中国旧石器考古》,《文物与考古论集》(文物出版社成立三十周年纪念),文物出版社,1986 年。按:"北京人"生活的年代,原定为四五十万年前,现经南京师范大学教授沈冠军等用铝铍埋藏测年法测定,更正为距今 77 ±8 万年,测定标本是周口店第一地点的石英砂和石英石制品。有关报道发表于英国 2009 年 3 月 12 日出版的《自然》杂志上,今转引自《北京青年报》2003 年 3 月 13 日 A8 版。

［3］贾兰坡:《中国猿人及其文化》,中华书局,1964 年。

［4］裴文中等编:《山西襄汾丁村旧石器时代遗址发掘报告》,科学出版社,1985 年。按:丁村人遗址发掘于 1954 年。铀系法测定为距今 16 万 ~21 万年。

［5］蒋廷瑜:《广西打制石器的传统风格》,《考古与文物》1990 年第 3 期。

［6］内蒙古博物馆等:《呼和浩特市东郊旧石器时代石器制造场发掘报告》,《文物》1977 年第 5 期。

［7］汪宇平:《呼和浩特市东郊大窑文化的石器工艺》,《中国考古学会第一次年会论文集》(1979),文物出版社,1980 年。

［8］贾兰坡等:《西侯度——山西更新世早期古文化遗址》,文物出版社,1978 年。按:西侯度遗址位于山西芮城县西侯度村,距今 180 万年。

［9］张永兴等:《元谋人及其文化》,《文物》1978 年第 10 期。按:"元谋人"化石于 1965 年发现于云南元谋县,距今 170 万年。

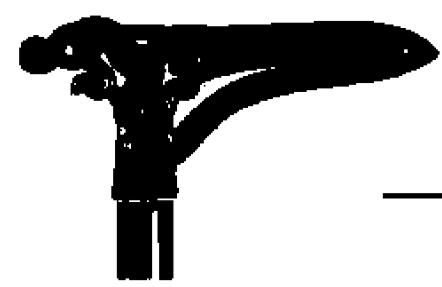
［10］贾兰坡:《中国大陆的远古居民》,天津人民出版社,1978 年。

［11］宁夏回族自治区博物馆考古组:《宁夏三十年文物考古工作概况》,《文物考古工作三十年(1949 ~1979)》,文物出版社,1981 年。

［12］贾兰坡等:《阳高许家窑旧石器时代文化遗址》,《考古学报》1976 年第 3 期。1976、1977 年的发掘报告分别见《古脊椎动物与古人类》1979 年第 17 卷第 4 期,1980 年第 18 卷第 3 期。按:许家窑人于 1973 年发现于山西阳高县和临近的河北阳原县,距今约 10 万年。

［13］贾兰坡等:《山西峙峪旧石器时代遗址发掘报告》,《考古学报》1972 年第 1 期。按:峙峪遗址发掘于 1963 年,据^{14}C测定,距今约 28940 ±1370 年。

［14］王健等:《下川文化——山西下川遗址调查报告》,《考古学报》1978 年第 3 期。按:下川遗址发掘于 20 世纪 70 年代,出土有上万件石器。距今 16400 ±700 ~23900 ±1000 年。



[15] 吴汝康:《陕西蓝田发现的猿人下颚骨化石》,《古脊椎动物与古人类》1964年第8卷第1期。贾兰坡:《蓝田猿人头骨发现经过及地层概况》,《科学通报》1965年第6期。"蓝田人"遗址发现于陕西蓝田县的陈家窝和公王岭两个地方,前者发现于1963年,距今约65万年;后者发现于1964年,距今约75万~80万年。

[16] 戴尔俭等:《蓝田旧石器的新材料和蓝田猿人文化》,《考古学报》1973年第2期。

[17] 张镇洪等:《辽宁海城小孤山遗址发掘简报》,《人类学报》1985年第1期。

[18] 文献[4]说丁村出土球状器两枚,但据说之后又采集了百余枚(见宋兆麟《中国原始社会史》第90页,文物出版社,1983年)。

[19] 宋兆麟:《中国原始社会史》第90页,文物出版社,1983年。

[20] 耀西、兆麟:《石球——古老的狩猎工具》,《化石》1977年第3期。

[21] 宋兆麟:《中国原始社会史》第91~93页,文物出版社,1983年。

[22] 浙江省文管会等:《河姆渡发现原始社会重要遗址》,《文物》1976年第8期。林华东:《河姆渡文化初探》,浙江人民出版社,1992年。

[23] 浙江省文物考古研究所:《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》,文物出版社,2003年。第一期,骨镞见第92页,木矛见第133页。第二期,骨镞见第267页,木矛见第288页。第三期,骨镞见第322页。

[24] 罗家角考古队:《桐乡县罗家角遗址发掘报告》,《浙江省文物考古所学刊》,1981年。

[25] 盖培、卫奇:《虎头梁旧石器时代晚期遗址的发现》,《古脊椎动物与古人类》1977年第4期。

[26] 甘肃省博物馆文物工作队等:《永昌鸳鸯池新石器时代墓葬的发掘》,《考古》1974年第5期。

[27] 贾兰坡:《山顶洞人》,龙门联合书局,1951年。按:山顶洞人遗址发掘于1933~1934年。

[28] 陈铁梅:《山顶洞文化年代的最新测定》,《中国文物报》1993年1月1日。按:据20世纪80年代的一次^{14}C测定,山顶洞文化上层距今为2.7万年,下层达3.4万年。

[29] 金牛山联合发掘队:《辽宁营口旧石器文化的研究》,《古脊椎动物与古人类》1978年第16卷第2期。

[30] 陈戈:《新疆出土的钻木取火工具——兼谈人类发明人工取火的途径》,《考古与文物》1982年第2期。

[31] 新疆文物考古研究所等:《新疆鄯善县苏贝希遗址及墓地》,《考古》2002年第6期。1980、1992年调查、发掘,出土钻木取火具计5件,有取火板和取火棒2种。据^{14}C年代测定,墓葬年代为公元前5~前3世纪。

[32] 汪宁生:《我国古代取火方法的研究》,《考古与文物》1980年第4期。

[33] 张寿祺:《海南岛黎族人民的取火工具》,《文物》1960年第6期。

[34] 乐子:《"苦聪人"过去的生产简况》,《文物》1960年第6期。

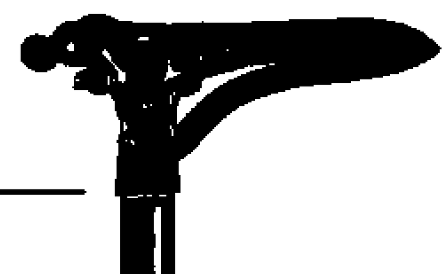
[35] 宋兆麟等:《摩擦取火及其在历史上的意义》,《化石》1976年第1期。

[36] 宋兆麟:《中国原始社会史》第81~90页,文物出版社,1983年。

第二节 新石器时代石器加工技术的发展

[1] 黄慰文:《广东南海县西樵山遗址的复查》,《考古》1979年第4期。

据西樵山18地点出土的贝壳的测定,其年代约在公元前6500~前6000年之间(《新中国考古五十年》第314页,文物出版社,1999年)。



［2］ 半坡博物馆等:《姜寨——新石器时代遗址发掘报告》，文物出版社，1988 年。

［3］ 佟柱臣:《仰韶、龙山工具的工艺研究》，《文物》1978 年第 11 期。本书石器加工部分许多资料引自此文。

［4］ 陈振裕等:《宜都县城背溪遗址》，《中国考古学年鉴（1984）》，文物出版社，1984 年。

［5］ 长办库区处红花套考古工作站等:《城背溪遗址复查记》，《江汉考古》1988 年第 4 期。

［6］ 中国科学院考古研究所:《西安半坡》，文物出版社，1963 年。

［7］ 山东省文物管理处等:《大汶口（新石器时代墓葬发掘报告）》第 35 ~ 49 页，文物出版社，1974 年。

［8］ 中国科学院考古研究所:《庙底沟与三里桥》，科学出版社，1959 年。

［9］ 中国社会科学院考古所山东队等:《山东滕县北辛遗址发掘报告》，《考古学报》1984 年第 2 期。

［10］ 湖北省荆州地区博物馆:《湖北王家岗新石器时代遗址》，《考古学报》1984 年第 2 期。

［11］ 河北省文物管理处等:《河北武安磁山遗址》，《考古学报》1981 年第 3 期。

［12］ 山东省文物考古研究所等:《山东姚官庄遗址发掘报告》，《文物参考资料丛刊》第 5 辑，文物出版社，1981 年。

［13］ 郭宝钧:《古玉新诠》，《中央研究院历史语言研究所集刊》第二十二本下册。曲石:《中国玉器时代》，山西人民出版社，1991 年。

［14］ 浙江省文物考古研究所:《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》，文物出版社，2003 年。第一期，石器见第 71 ~ 78 页，骨角牙器见第 85 ~ 116 页。第三期，石器见第 316 ~ 323 页，骨角器见第 321 ~ 324 页。第四期，石质装饰器见第 350 ~ 357 页。

［15］ 曲石:《古代玉器的起源和发展》，《文博》1987 年第 3 期。

［16］ 杨晶:《中国史前玉器概述》，《华夏考古》1993 年第 3 期。

［17］ 南京博物院:《1982 年江苏常州武进寺墩遗址的发掘》，《考古》1984 年第 2 期。王奇文等:《良渚文化考古获重大成果——寺墩遗址发掘为探索中国文明起源提供重要例证》，《中国文物报》1995 年 6 月 25 日。后一文献说 1982 年 3 号墓出土玉璧 24 件、玉琮 32 件。

［18］ 浙江省文物考古研究所反山考古队:《浙江余杭反山良渚文化墓地发掘简报》，《文物》1988 年第 1 期。

［19］ 浙江省文物考古研究所:《余杭瑶山良渚文化祭坛遗址发掘简报》，《文物》1988 年第 1 期。

［20］ 张敬国等:《凌家滩遗址考古发掘获重大成果》，《中国文物报》1998 年 12 月 9 日第 1 版。

［21］ 杨虎、刘国祥:《兴隆洼文化玉器的发现及其意义》，《中国文物报》1995 年 4 月 30 日第 3 版。

［22］ 西安半坡博物馆:《陕西神木石峁遗址调查试掘简报》，《史前研究》1983 年第 2 期。

［23］ 戴应新:《神木石峁龙山文化玉器》，《考古与文物》1988 年第 6 期。

［24］ 南京博物馆:《南京市北阴阳营第一、二次的发掘》，《考古学报》1958 年第 1 期。

［25］ 南京博物馆:《江苏吴县张陵山遗址发掘简报》，《文物资料丛刊》(6)，1982 年。

［26］ 杨伯达:《中国古代玉器面面观》，《故宫博物院院刊》1989 年第 1、2 期。

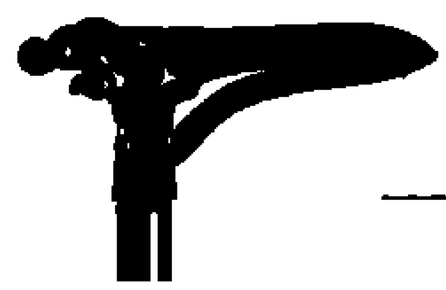
［27］ 周南泉:《试论太湖地区新石器时代玉器》，《考古与文物》1990 年第 5 期。

［28］ 牟永杭:《良渚玉器三题》，《文物》1989 年第 5 期。

［29］ 张明华:《良渚古玉综论》，《东南文化》1992 年第 2 期。

［30］ 西北大学历史系:《中国古代生产工具图集》第一册，1984 年。

［31］ 王根富等:《金坛三星村遗址发掘获重大成果》，《中国文物报》1996 年 9 月 22 日。



[32] 张国敬等:《凌家滩玉器微痕迹的显微观察与研究——中国砣的发现》,《东南文化》2002年第5期。

[33] 李文杰:《骨针的仿制——模拟考古实验纪实》,《文物天地》1990年第5期。此资料承李文杰先生提供。

第三节　原始的制陶技术

[1] 湛世龙:《桂林庙岩洞穴遗址的发掘与研究》,《中石器文化及有关问题研讨会论文集》,广东人民出版社,1999年。并见文献[2]。

[2] 严文明等主编:《稻作陶器和都市的起源》,文物出版社,2000年。朱乃诚:《中国陶器的起源》,《考古》2004年第6期。按:许多考古遗址的年代一再被刷新,拙著新石器时代早期陶器的断代,多参照了此两种文献。玉蟾岩木炭和陶片的^{14}C测定年代分别为公元前12540±230年、公元前12860±230年;仙人洞和吊桶环的数据与此相近。

[3] 江西省博物馆等:《江西省考古五十年》,载《新中国考古五十年》,文物出版社,1999年。严文明、彭适凡:《仙人洞与吊桶环——华南史前考古的重大发现》,《中国文物报》2000年7月5日。

[4] 湖南省文物考古研究所:《湖南省考古工作五十年》,载《新中国考古五十年》,文物出版社,1999年。袁家荣:《湖南道县玉蟾岩1万年以前的稻谷和陶器》、《稻作陶器和都市的起源》,文物出版社,2000年(北京大学^{14}C试验室对1993年玉蟾岩出土陶片的同层位木炭测定年代为距今14490±230年)。

[5] 金家广等:《浅议徐水南庄头新石器时代早期遗存》,《考古》1992年第11期。李君:《徐水南庄头又有重要发现》,《中国文物报》1998年2月11日。

[6] 河北省文物研究所:《河北考古五十年》,载《新中国考古五十年》第41页,文物出版社,1999年。泥河湾联合考古队:《泥河湾盆地考古发掘获重大成果》,《中国文物报》1998年11月15日。

[7] 郁金城等:《北京转年新石器时代早期遗址的发现》,《北京文博》1998年第3期。北京市文物研究所:《北京市考古五十年》,《新中国考古五十年》第4页,文物出版社,1999年。

[8] 漆招进:《桂林甑皮岩遗址研究的新进展》,《中国文物报》2000年4月5日第3版。广西壮族自治区博物馆:《广西壮族自治区考古五十年》,《新中国考古五十年》第333页,文物出版社,1999年。蒋廷瑜:《广西考古四十年概述》,《考古》1998年第11期。柳州市博物馆等:《柳州市大龙潭鲤鱼嘴新石器时代贝丘遗址》,《考古》1983年第9期。

[9] 江西省文物管理委员会:《江西万年大源仙人洞洞穴遗址试掘》,《考古学报》1963年第1期。江西省博物馆:《江西万年大源仙人洞洞穴遗址第二次发掘报告》,《文物》1976年第12期。张弛:《江西万年早期陶器和稻属植硅石遗存》,载严文明、安田喜宪主编:《稻作陶器和都市的起源》,文物出版社,2000年。吴瑞等:《江西万年仙人洞遗址出土陶片的科学技术研究》,《考古》2005年第7期。

[10] 任式楠:《公元前五千年前中国新石器文化的几项主要成就》,《考古》1995年第1期。

[11] 保定地区文物管理所等:《河北徐水县南庄头遗址试掘简报》,《考古》1992年第11期。

[12] 河北省文物研究所:《河北省考古工作50年回顾》,《文物春秋》1999年第5期。

[13] 广西壮族自治区文物工作队等:《广西桂林甑皮岩洞穴遗址的试掘》,《考古》1976年第3期。

[14] 甘肃省博物馆等:《甘肃秦安大地湾新石器时代早期遗存》;张明川等:《试谈大地湾一

期和其他类型文化的关系》；皆见《文物》1981 年第 4 期。按：大地湾一期距今约 7000 ~ 8000 年。

［15］李文杰:《甘肃秦安大地湾一期制陶工艺研究》,《考古与文物》1996 年第 2 期。

［16］河南省文物考古研究所:《舞阳贾湖》，科学出版社，1999 年。贾湖文化计分三期，经^{14}C测定并树轮校正，其年代分别为：公元前 7000 ~ 前 6600 年、公元前 6600 ~ 前 6200 年、公元前 6200 ~ 前 5800 年。

［17］张居中:《淮河上游新石器时代的绚丽画卷——舞阳贾湖遗址发掘的重要收获》,《东南文化》1999 年第 2 期。

［18］开封地区文管会:《河南新郑裴李岗新石器时代遗址》,《考古》1978 年第 2 期。开封地区文物管理委员会等:《裴李岗遗址一九七八年发掘简报》,《考古》1979 年第 3 期，陶窑见此文。中国社会科学院考古研究所河南一队:《郏县水泉裴岗文化遗址》,《考古学报》1995 年第 1 期。

［19］河北省文物管理处等:《河北武安磁山遗址》,《考古学报》1981 年第 3 期。

［20］辛岩:《查海遗址发掘再获重大成果》,《中国文物报》1995 年 3 月 19 日。

［21］北京大学考古教研室华县报告编写组:《华县、渭南古代遗址调查与试掘》,《考古学报》1980 年第 3 期。

［22］湖南省文物考古研究所等:《湖南省澧县新石器时代早期遗址调查报告》,《考古》1989 年第 10 期。

［23］张福康:《中国新石器时代制陶术的主要成就》,《中国古代陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985 年。

［24］李家治:《中国陶器和瓷器工艺发展过程的研究》,《中国古代陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985 年。李家治：《中国科学技术史・陶瓷卷》第 71 页，科学出版社，1998 年。

［25］中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》，文物出版社，1982 年。按：第 40 页说，目前已发现百余座新石器时代陶窑。

［26］周仁等:《我国黄河流域新石器时代和殷周时代制陶工艺的科学总结》,《考古学报》1960 年第 1 期。

［27］李家治等:《河姆渡遗址陶器的研究》,《硅酸盐学报》1979 年第 2 期。

［28］李敏生等:《湖北枝江关庙山新石器时代遗址陶片的初步研究》,《中国原始文化论集》，文物出版社，1989 年。

［29］中国社会科学院考古研究所湖北工作队:《湖北枝江县关庙山新石器时代遗址发掘简报》,《考古》1981 年第 4 期。

［30］珠海市博物馆等:《珠海考古发现与研究》，广东人民出版社，1991 年。

［31］李文杰等:《大溪文化的制陶工艺》,《中国原始文化论集——纪念尹达八十诞辰》，文物出版社，1989 年。

［32］李文杰:《中国古代制陶工艺的分期和类型》,《自然科学史研究》1996 年第 1 期。李文杰:《陶器的化学组成与制陶原料的关系——兼论中国古代制陶工艺的分期和类型》，载《中国古代制陶工艺研究》第 329 ~ 360 页，科学出版社，1996 年。

［33］谷飞:《白陶源流试析》,《中原文物》1993 年第 3 期。按：老官台白陶尚未进行科学分析，估计是高铝白陶。

［34］山东省文物管理处等:《大汶口——新石器时代墓葬发掘报告》，文物出版社，1974 年。

［35］廖永民等:《瓦窑嘴裴李岗文化遗存试析》,《中原文物》1997 年第 1 期。文中说：该地发现的泥质红陶和泥质黑陶均经淘洗。

［36］李文杰:《城背溪文化的制陶工艺》,《中国古代制陶工艺研究》第119页，科学出版社，1996年。

［37］北京市文物研究所:《北京考古四十年》，燕山出版社，1990年。

［38］郑笑梅:《试论北辛文化及其与大汶口文化的关系》,《山东史前文化论文集》，齐鲁书社，1986年。

［39］半坡博物馆等:《渭南北刘新石器时代早期遗址调查与试掘简报》，《考古与文物》1982年第4期。

［40］巩启明:《陕西新石器时代考古工作与研究》,《考古与文物》1988年第5、6期。

［41］中国科学院考古研究所:《庙底沟与三里桥》，科学出版社，1959年。

［42］中国科学院考古研究所山西工作队:《山西芮城东庄村和西王村遗址的发掘》，《考古学报》1973年第1期。

［43］武汉大学历史系考古研究室等:《湖北宜城曹家楼新石器时代遗址》，《考古学报》1988年第1期。

［44］辽宁省博物馆等:《辽宁敖汉旗小河沿三种原始文化的发展》，《文物》1977年第12期。

［45］林声:《云南傣族制陶术调查》,《考古》1965年第12期。

［46］中国科学院考古研究所:《西安半坡》第152~160页，科学出版社，1963年。

［47］李步青:《胶东半岛新石器时代初论》,《考古》1988年第1期。

［48］辽宁省博物馆等:《大连市郭家村新石器时代遗址》,《考古学报》1984年第3期。

［49］浙江省文管会等:《河姆渡发现原始社会重要遗址》,《文物》1976年第8期。有彩陶3片。浙江省文物考古研究所:《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》，文物出版社，2003年。夹炭陶，第一期见第31页，第二期见第233页，第三期见第298页，第四期见第335页。第一期彩陶、夹砂黑陶，分别见第30页、31页。

［50］罗家角考古队:《桐乡县罗家角遗址发掘报告》。张福康:《罗家角陶片的初步研究》，皆见《浙江省文物考古所学刊》，文物出版社，1981年。

［51］长办库区红花套考古工作站等:《城背溪遗址复查记》,《江汉考古》1988年4期。

［52］湖南省博物馆:《湖南石门县皂市下层新石器遗址》,《考古》1986年第1期。

［53］湖南省文物普查办公室等:《湖南临澧县早期新石器文化遗存调查报告》，《考古》1986年第5期。

［54］中国社会科学院考古研究所湖北工作队:《湖北枝江关庙山遗址第二次发掘》,《考古》1983年第1期。

［55］中国社会科学院考古研究所山东工作队:《山东汶上县东贾柏村新石器时代遗址发掘简报》,《考古》1993年第6期。

［56］转引自文献［27］。

［57］俞伟超:《中国早期的“模制法”制陶术》、《文物与考古论集》(文物出版社成立三十周年纪念)，文物出版社，1986年。

［58］牟永抗:《关于我国新石器时代制陶术的若干问题》,《考古学文化论集》(二)，文物出版社，1989年。

［59］李露露:《泥片贴筑制陶的“活化石”——黎族制陶工艺调查》,《中国历史博物馆馆刊》总第20期，1993年。

［60］文物编辑委员会:《文物考古工作十年(1979~1989)》第259页，文物出版社，1990年。

［61］中国社会科学院考古研究所山东队等:《山东滕县北辛遗址发掘报告》，《考古学报》



1984 年第 2 期。

［62］张季:《西双版纳傣族的制陶技术》,《考古》1959 年第 9 期。

［63］李仰松:《从佤族制陶探讨古代陶器制作上的几个问题》,《考古》1959 年第 5 期。

［64］沈阳市文物管理办公室:《沈阳新乐遗址发掘报告》,《考古学报》1978 年第 4 期,图版肆,7。

［65］傣族制陶工艺联合考察小组:《记云南景洪傣族慢轮制陶工艺》,《考古》1977 年第 4 期。

［66］李文杰等:《黄河流域新石器时代制陶工艺的成就》,载《中国古代制陶工艺研究》第 13 ~ 17 页,科学出版社,1996 年。并见《华夏考古》1993 年第 3 期。

［67］李仰松:《仰韶文化慢轮制陶技术的研究》,《考古》1990 年第 12 期。

［68］李文杰:《大溪文化之最》,《江汉考古》1988 年第 1 期。

［69］李文杰等:《甘肃秦安大地湾一期制陶工艺研究》,载《中国古代制陶工艺研究》第 27 页,科学出版社,1996 年。

［70］半坡博物馆:《临潼姜寨新石器时代遗址的新发现》,《文物》1975 年第 8 期。

［71］半坡博物馆等:《姜寨——新石器时代遗址发掘报告》,文物出版社,1988 年。

［72］中国社会科学院考古研究所安阳工作队:《安阳后岗新石器时代遗址的发掘》,《考古》1982 年第 6 期。

［73］上海市文物管理委员会:《上海马桥遗址第一、二次发掘》,《考古学报》1978 年第 1 期。

［74］中国科学院考古研究所山东队:《山东曲阜西夏侯遗址第一发掘报告》,《考古学报》1964 年第 2 期。

［75］山东省博物馆等:《邹县野店》,文物出版社,1985 年。

［76］山东省博物馆:《山东潍坊姚官庄遗址发掘简报》,《考古》1963 年第 7 期。

［77］昌潍地区艺术馆等:《山东胶县三里河遗址发掘简报》,《考古》1977 年第 4 期。

［78］庄明军等:《山东青州市发现龙山文化器物坑》,《考古》2002 年第 1 期。

［79］李文杰:《试谈快轮所制陶器的识别——从大溪文化晚期轮制陶器谈起》,《文物》1988 年第 10 期。

［80］四川省博物馆:《巫山大溪遗址第三次发掘》,《考古学报》1981 年第 4 期。

［81］中国社会科学院考古研究所:《大甸子——夏家店下层文化遗址与墓地发掘报告》,科学出版社,1996 年。

［82］甘肃省文物管理委员会:《兰州新石器时代的文化遗存》,《考古学报》1957 年第 1 期。

［83］甘肃省博物馆文物工作队:《广河地巴坪“半山类型”墓地》,《考古学报》1978 年第 2 期。

［84］王昌燧等:《班村遗址出土彩陶的陶彩分析》,《中国历史博物馆馆刊》总第 24 期,1995 年。

［85］徐元邦等:《我国新石器时代——西周陶窑综述》,《考古与文物》1982 年第 1 期。此文说前此已发现的新石器时代至西周窑址为 182 个。

［86］黄河水库考古队华县队:《陕西华县柳子镇考古发掘简报》(《考古》1959 年第 2 期)、《陕西华县柳子镇第二次发掘的主要收获》(《考古》1959 年第 11 期)。

［87］陕西省社会科学院考古研究所泾水队:《陕西邠县下孟村仰韶文化遗址续掘简报》,《考古》1962 年第 6 期。

［88］黄河水库工作队陕西分队:《陕西华阴横阵发掘简报》,《考古》1960 年第 9 期。

［89］河南省文化局文物工作队:《郑州西郊仰韶文化遗址发掘简报》,《考古通讯》1958 年

第2期。

［90］河南省文化局文物工作队:《河南偃师汤泉沟新石器时代遗址的试掘》，《考古》1962年第11期。

［91］刘可栋：《试论我国古代的馒头窑》，《中国古代陶瓷论文集》，文物出版社，1982年。

［92］山西省考古研究所:《垣曲宁家坡陶窑址发掘简报》，《文物》1998年第10期。

［93］考古研究所沣西发掘队:《1955～1957年陕西长安沣西发掘简报》，《考古》1959年第10期。

［94］吴崇隽:《长江中游流域新石器时代制陶工艺初探》，《中国陶瓷》1990年第1期。

［95］巩义市文物保护管理所:《河南巩义市瓦窑嘴新石器时代遗址试掘简报》，《考古》1996年第7期。

［96］巩义市文物保护管理所:《巩义市瓦窑嘴遗址第三次发掘报告》，《中原文物》1997年第1期。

［97］廖永民等:《对瓦窑嘴裴李岗文化泥质黑陶器的初步探讨》，《考古文物》2000年第1期。

［98］安金槐:《谈谈郑州商代瓷器的几个问题》，《文物》1960年第8、9期。

［99］姚仲源:《浙江德清出土的原始青瓷——兼谈原始青瓷生产和使用中的若干问题》，《文物》1982年第4期。

［100］中国社会科学院考古研究所等:《山西夏县东下冯龙山文化遗址》，《考古学报》1983年第1期。

［101］黄石林:《龙山时期小麦、青瓷、石灰和西周板瓦的发现》，《文物天地》1993年第3期。

［102］湖南省博物馆:《安乡划城岗新石器时代遗址》，《考古学报》1983年第4期。

［103］张福康:《铁系高温釉综述》，《中国古代陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985年。

［104］河南省文物考古研究所:《郑州商城——1953～1985年考古发掘报告》，第673页郑州商城二里岗下层二期，第791页上层一期，发现了原始瓷残片或瓷器；文物出版社，2001年。下层相当于商代早期，上层相当于商代中期。

［105］中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第76页，文物出版社，1982年。

［106］赵青云等:《河南古代陶瓷的科技成就》，《中国古代陶瓷研究》第五辑，紫禁城出版社，1999年。

第四节　原始的机械技术

［1］刘仙洲:《中国机械工程发明史》第4～5页，科学出版社，1962年。

［2］杨鸿勋:《石斧与石楔辨 ——兼及石锛与扁铲》，《考古与文物》1982年第1期。

［3］杨鸿勋:《论石楔及石扁铲》，《文物与考古论集》（文物出版社成立三十周年纪念），文物出版社，1986年。

［4］广西壮族自治区文物工作队:《广西桂林甑皮岩洞穴遗址试掘》，《考古》1976年第3期。

［5］河北省文物管理处等:《河北武安磁山遗址》，《考古学报》1981年第3期。

［6］浙江省文物管理委员会:《河姆渡遗址第一期发掘报告》，《考古学报》1978年第1期。《浙江河姆渡遗址第二期发掘的主要收获》，《文物》1980年第5期。吴玉贤等:《史前中国东南沿海海上交通的考古学观察》，《中国与海上丝绸之路》（论文集）第276～277页，福建人民出

版社，1991 年。《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》，文物出版社，2003 年。第一期，斧、锛等石质生产工具见第 71 ~ 78 页，骨耜见第 85 页，骨质器柄见第 100 页，木质器柄见第 128 页，木桨见第 139 页。第二期，骨耜见第 265 ~ 267 页，陶质舟形玩具见第 253 页。

[7] 肖梦龙:《试论石斧石锛的安装与使用》,《农业考古》1982 年第 2 期。关于澄湖石斧的资料亦转引自此文。

[8] 山东省文物管理处等:《大汶口（新石器时代墓葬发掘报告)》图版贰伍、贰陆，文物出版社，1974 年。

[9] 南京博物院:《南京市北阴阳营第一、二次的发掘》，《考古学报》1958 年第 1 期图版叁。

[10] 广东省博物馆:《广东南海西樵山出土的石器》,《考古学报》1959 年第 4 期。

[11] 中国科学院考古研究所甘肃工作队:《甘肃永靖大何庄遗址发掘报告》，《考古学报》1974 年第 2 期，图版拾柒。

[12] 中国科学院考古研究所等:《西安半坡》，科学出版社，1963 年。

[13] 山东省文物考古研究所等:《山东姚官庄遗址发掘报告》,《文物资料丛刊》(5)，图版叁，3。文物出版社，1981 年。

[14] 江西省文物管理委员会:《江西修水山背地区考古调查与试掘》，《考古》1962 年第 7 期。

[15] 河北省文物研究所:《燕下都》（上）第 147 页，文物出版社，1996 年。战国中晚期铁钻。

[16] 山东大学考古系等:《山东长清县双乳山一号汉墓发掘简报》,《考古》1997 年第 3 期。

[17] 湖南省博物馆:《安乡划城岗新石器时代遗址》,《考古学报》1983 年第 4 期。

[18] 中国科学院考古研究所:《庙底沟与三里桥》，科学出版社，1959 年。

[19] 林惠祥:《中国东南区新石器文化特征之一：有段石锛》,《考古学报》1958 年第 3 期，图版陆，4。

[20] 江西省博物馆等:《清江筑卫城遗址发掘简报》，《考古》1976 年第 6 期第 386 页，图六。

[21] 南京博物院等:《江苏省出土文物选集》，文物出版社，1963 年。

[22] 甘肃省博物馆等:《一九八〇年秦安大地湾一期文化遗址发掘简报》，《考古与文物》1989 年第 2 期。

[23] 孙机:《我国古代的平木工具》,《文物》1987 年第 10 期。

[24] 郑建芳:《四千年前的石锯》,《中国文物报》1995 年 6 月 11 日。

[25] 中国科学院考古研究所等:《西安半坡》，科学出版社，1963 年。

[26] 西北大学历史系编:《中国古代生产工具图集》（一）第 72 页，1984 年。

[27] 安徽省文物工作队:《潜山薛家岗新石器时代遗址》,《考古学报》1982 年第 3 期。

[28] 甘肃省博物馆文物工作队等:《甘肃永昌鸳鸯池新石器时代墓地》，《考古学报》1982 年第 2 期。甘肃省文物工作队等:《甘肃东乡林家遗址发掘报告》，《考古学集刊》(4)，中国社会科学出版社，1984 年。

[29] 贾兰坡等:《山西怀仁鹅毛口石器制造场遗址》,《考古学报》1973 年第 2 期。

[30] 黑龙江省文物考古工作队:《黑龙江省宁安县莺歌岭遗址》,《考古》1981 年第 6 期。

[31] 李殿福:《库伦、奈曼两旗夏家店下层文化遗址分布与内涵》，《文物资料丛刊》(7)，文物出版社，1983 年。

[32] 开封地区文管会等:《河南新郑裴李岗新石器时代遗址发掘报告》，《考古》1978 年第 2 期。

[33] 河南省文化局文物工作队:《郑州牛砦龙山文化遗址发掘报告》,《考古学报》1958年第4期。

[34] 河南省文化局文物工作队第一队:《郑州旭旮王村遗址发掘报告》,《考古学报》1958年第3期。

[35] 南京博物院:《吴县草鞋山遗址》,《文物资料丛刊》(3),1980年。

[36] 天津市文物管理处:《天津北郊和宝坻县发现石器》,《考古》1976年第4期。

[37] 余扶危、叶万松:《试论我国犁耕农业的起源》,《农业考古》1981年第1期。

[38] 中国社会科学院考古研究所山西工作队等:《山西襄汾县陶寺遗址发掘简报》,《考古》1980年第1期。

[39] 牟永杭、魏正瑾:《马家浜文化和良渚文化——太湖流域原始文化的分期问题》,《文物》1978年第4期。

[40] 浙江省文物管理委员会:《杭州水田畈遗址发掘报告》,《考古学报》1960年第2期。

[41] 浙江省文物管理委员会:《吴兴钱山漾遗址第一、二次发掘报告》,《考古学报》1960年第2期。

[42] 王德庆:《江苏昆山荣庄新石器时代遗址》,《考古》1960年第6期。

[43] 南波:《江苏省吴县洞庭西山消夏湾出土的一批石器和青铜器》,《文物》1977年第1期。所出石犁较大。

[44] 南京博物院等:《江苏省出土文物选集》图8,文物出版社,1963年。

[45] 上海市文物管理委员会:《上海马桥遗址第一、二次发掘》,《考古学报》1978年第第1期。

[46] 陈文华:《论农业考古》第137页,江西教育出版社,1990年。

[47] 山西省文物管理委员会等:《山西闻喜汀店新石器及周代遗址》,《考古》1961年第5期。

[48] 中国科学院考古研究所山西工作队:《山西芮城东庄村和西王村遗址的发现》,《考古学报》1973年第1期。

[49] 宋兆麟、何其耀:《从少数民族的木弩看弩的起源》,《考古》1980年第1期。杨泓:《中国兵器史论丛》"弩的出现"。文物出版社,1985年。

[50] 江苏省文物管理委员会:《徐州高皇庙遗址清理报告》,《考古学报》1958年第4期。

[51] 中国科学院考古研究所甘肃工作队:《甘肃永靖秦魏家齐家文化墓地》,《考古学报》1975年第2期。黄河水库考古队甘肃分队:《甘肃永靖县张家嘴遗址发掘简报》,《考古》1959年第4期。

[52] 南京博物院:《江苏邳县刘林新石器时代遗址第二次发掘》,《考古学报》1965年第2期。

[53] 吴秉楠等:《对姚官庄与青堌堆两类遗存的分析》,《考古》1978年第6期。

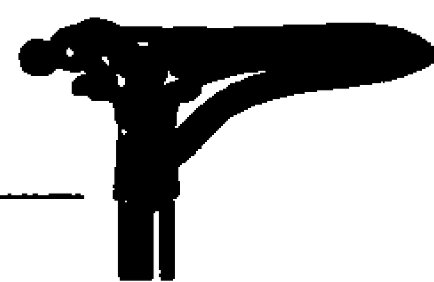
[54] 江西省文物管理委员会:《江西万年大源仙人洞洞穴遗址试掘》,《考古学报》1963年第1期。

[55] 洛阳博物馆:《孟津小潘沟遗址简报》,《考古》1978年第4期。

[56] 宋兆麟:《带索标——锋利的渔猎工具》,《中国考古学会第一次年会论文集》,文物出版社,1980年。

[57] 中国社会科学院考古研究所河南一队:《1979年裴李岗遗址发掘报告》,《考古学报》1984年第1期。《河南郏县水泉裴李岗文化遗址》,《考古学报》1995年第1期。

[58] 中国社会科学院考古研究所山东队等:《山东滕县北辛遗址发掘报告》,《考古学报》1984年第2期。



[59] 中国社会科学院考古研究所宝鸡工作队:《一九七七年宝鸡北首岭遗址发掘简报》,《考古》1979 年第 2 期。

[60] 甘肃省博物馆文物工作队:《甘肃秦安大地湾遗址 1978 至 1982 年发掘的主要收获》,《文物》1983 年第 11 期。

[61] 半坡博物馆等:《姜寨——新石器时代遗址发掘报告》,文物出版社,1988 年。

[62] 石志廉:《谈谈尖底陶器》,《文物》1961 年第 3 期。

[63] 黄崇岳等:《原始器灌农业与欹器考》,《农业考古》1994 年第 1 期。

[64] 周衍勋等:《对西安半坡遗址小口尖底瓶的考察》,《中国科技史料》1986 年第 2 期。

[65] 张绪球:《长江中游史前城址和石家河聚落群》,载严文明等:《稻作陶器和都市的起源》第 172 页,文物出版社,2000 年。湖南省文物考古所:《澧县城头山屈家岭文化城址调查与试掘》,《文物》1993 年第 12 期。

第五节 原始的纺织技术

[1]《太平御览》卷六八九“章服六·衣”,引《礼记》载孔子曰。

[2] 转引自宋兆麟等:《中国原始社会史》,文物出版社,1983 年。

[3] 龙村倪:《台湾兰屿雅美族造舟与花莲阿美族树皮布》,《中国少数民族科技史研究》第四辑,内蒙古人民出版社,1989 年。

[4] 凌夏立:《台湾与环太平洋的树皮文化》,《树皮布印文陶与造纸印刷术(的)发明》,(台湾)中央研究院民族学研究所(南港)专刊之三,1963 年。转引自文献 [3]。

[5] 贾兰坡等:《山西旧石器的研究现状及其展望》,《文物》1962 年第 4、5 期。

[6] 贾兰坡等:《许家窑旧石器时代文化遗址 1976 年发掘报告》,《古脊椎动物与古人类》第 17 卷第 4 期,1979 年。

[7] 陈铁梅等:《铀子系法测定骨化石年龄的可靠性研究及华北地区主要旧石器地点的铀系年代序列》,《人类学学报》第 3 卷第 3 期,1984 年。

[8] 贾兰坡:《山顶洞人》第 60 页,龙门联合书局出版,1953 年。并见《中国文物报》1998 年 1 月 11 日第 3 版“骨针”。陈铁梅:《山顶洞文化年代的最新测定》,《中国文物报》1993 年 1 月 10 日。

[9] 江西省文物管理委员会:《江西万年大源仙人洞洞穴遗址试掘》,《考古学报》1963 年第 1 期。张弛:《江西万年早期陶器和稻属植硅石遗存》,严文明、安田喜宪主编:《稻作陶器和都市的起源》,文物出版社,2000 年。后文说:吊桶环 E 层和仙人洞 3CIa 层开始出现野生稻与栽培稻植硅石共存的现象,这两个地层的年代约距今 11000 ~ 14000 年之间。

[10] 广西壮族自治区文物工作队:《广西桂林甑皮岩洞穴遗址的试掘》,《考古》1976 年第 3 期。

[11] 河南省文物考古研究所:《舞阳贾湖》上册第 343 页、下册第 953 页,科学出版社,1999 年。

[12] 甘肃省博物馆等:《一九八〇年秦安大地湾一期文化遗址发掘简报》,《考古与文物》1982 年第 2 期。

[13] 中国社会科学院考古研究所陕西六队:《陕西临潼白家村新石器时代遗址发掘简报》,《考古》1984 年第 11 期。

[14] 中国社会科学院考古研究所甘肃工作队:《甘肃省天水市西山坪早期新石器时代遗址发掘简报》,《考古》1988 年第 5 期。

[15] 中国社会科学院考古研究所河南一队:《1979 年裴李岗遗址发掘报告》,《考古学报》

1984年第1期。

［16］河南省文物考古研究所:《河南辉县孟庄遗址的裴李岗文化遗址》，《华夏考古》1999年第1期。

［17］河北省文物管理处等:《河北武安磁山遗址》，《考古学报》1981年第3期。

［18］黄河水库考古队华县队:《陕西华县柳子镇考古发掘简报》，《考古》1959年第2期。

［19］南京博物院:《吴县草鞋山遗址》，《文物资料丛刊》（3），1980年。

［20］《江苏文物考古工作三十年》，《文物考古工作三十年（1949～1979）》，文物出版社，1979年。

［21］郑州市文物考古研究所:《荥阳青台遗址出土纺织物的报告》，《中原文物》1999年第3期。

［22］张松林、高汉玉:《荥阳青台遗址出土丝麻织品观察与研究》，《中原文物》1999年第3期。

［23］浙江省文物管理委员会:《吴兴钱山漾遗址第一、二次发掘报告》，《考古学报》1960年第2期。

［24］浙江省文管会等:《河姆渡发现原始社会重要遗址》，《文物》1976年第8期。河姆渡遗址考古队:《浙江河姆渡遗址第二期发掘的主要收获》，《文物》1980年第5期。

［25］浙江省文物考古研究所:《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》，文物出版社，2003年。第一期陶、石、木纺轮，见第64、78、139页；第二期陶、石纺轮，见第246、261页；第三期陶、石纺轮，见第312、319页；第四期陶、石纺轮，见第348、355页。第一期织机木棍见第136页，木刀见第139页；第二期木质梭形器见第291页。第一期木匕、骨匕见第113、140页。（按：早期发掘报告说两者计为37件，今计为77件）

［26］郭郛:《从河北省正定南杨庄出土的陶蚕蛹试论我国家蚕的起源问题》，《农业考古》1987年第1期（总期第13）。

［27］河南省文物研究所:《淅川下王岗》，文物出版社，1989年。

［28］原发掘报告见郑州市博物馆:《郑州大河村遗址发掘报告》，《考古学报》1979年第3期。按：此“大麻”原定为高粱；文献［29］改定为大麻，文献［30］将之归到了麻类作物中。

［29］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史（古代部分）》第8页，科学出版社，1984年。

［30］陈文华:《中国古代农业考古资料索引》（十二），《农业考古》1987年第1期，第421页。

［31］王炳华:《新疆农业考古概述》，《农业考古》1983年第1期。

［32］甘肃省文物工作队等:《甘肃东乡林家遗址发掘报告》，《考古学集刊》（4），中国社会科学出版社，1984年。西北师范学院植物研究所等:《甘肃东乡林家马家窑文化遗址出土的稷与大麻》，《考古》1984年第7期。

［33］中国科学院考古研究所等:《西安半坡》第81页，文物出版社，1963年。

［34］中国科学院考古研究所:《庙底沟与三里桥》第26页；科学出版社，1959年。

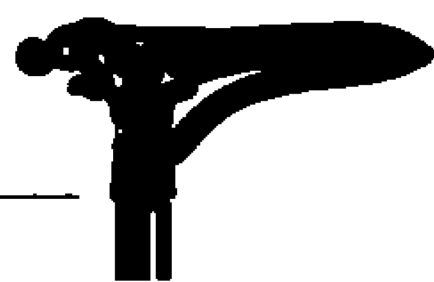
［35］山东省文物管理处等:《大汶口（新石器时代墓葬发掘报告）》，文物出版社，1974年。

［36］《路史》第四册，卷一四（第19页），文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第215碟。

［37］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史（古代部分）》，科学出版社，1984年。浸沤脱胶见第41～45页，热水缫丝见第13页。

［38］何池:《甘肃省几种古老的缫丝方法》，《丝绸史研究》1987年第1、2合期。

［39］半坡博物馆等:《姜寨——新石器时代遗址发掘报告》，文物出版社，1988年。



[40] 中国科学院考古研究所山西工作队:《山西芮城东庄村和西王村遗址的发掘》,《考古学报》1973 年第 1 期。

[41] 浙江省文物管理委员会等:《河姆渡遗址第一期发掘报告》,《考古学报》1978 年第 1 期。

[42] 中国科学院考古研究所:《京山屈家岭》,科学出版社,1965 年。

[43] 王若愚:《纺轮与纺专》,《文物》1980 年第 3 期。按:此“纺专”,本作“纺塼”(见《诗经·小雅·斯干》郑注),简化字则应写作“纺砖”。但也有学者写作“纺专”,或有所本。

[44] 陈达农:《我对网坠的刍见》,《考古通讯》1957 年第 3 期。

[45] 林华东:《河姆渡文化初探》,浙江人民出版社,1992 年。浙江省文物考古研究所:《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》,文物出版社,2003 年。一期编织物,第 153 ~ 154 页。

[46] 中国科学院考古研究所等:《西安半坡》第 162 页,文物出版社,1963 年。

[47] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 23 ~ 24 页,科学出版社,1984 年。

[48] 浙江省文物考古研究所反山考古队:《浙江余杭反山良渚文化墓地发掘简报》,《文物》1988 年第 1 期。

[49] 赵丰:《良渚织机的复原》,《东南文化》1992 年第 2 期。该文认为:河姆渡遗物中,真正能断定为织机部件的只有卷布轴和打纬刀两种。

[50] 赵承泽:《中国最早的投纬工具——梱》,《中国纺织史学术讨论会论文汇编》(内部资料),1984 年。

[51] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 26 ~ 34 页,科学出版社,1984 年。

[52] 原出自云南省博物馆:《云南晋宁石寨山古墓遗址及墓葬》,《考古学报》1956 年第 1 期。图 1 - 5 - 2 转引自陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》,科学出版社,1984 年。

[53] 祝寿慈:《中国古代工业史》第 9 页,学林出版社,1988 年。

[54] 贾兰坡:《山顶洞人》第 72 页,龙门联合书局,1951 年。

[55] 中国科学院考古研究所等:《西安半坡》第 163 页,文物出版社,1963 年。

[56] 青海省文物管理处考古队等:《青海乐都柳湾原始社会墓葬第一次发掘的初步收获》,《文物》1976 年第 1 期。1974 年发掘齐家文化墓 M314 的成年男性尸下撒有朱砂。

[57] 李文杰:《中国古代制陶工艺研究》第 141 页,科学出版社,1996 年。

[58] 许顺湛:《夏代前有个联邦制王朝》,《中原文物》1995 年第 2 期。

第六节　冶金技术的发明

[1] 华觉明等编辑:《世界冶金发展史》,科学技术文献出版社,1985 年。原著 R. F. Tylecote, A History of metallurgy, 1976 年英文版原版。

[2] 巩启明:《姜寨遗址考古发掘的主要收获及其意义》,《人文杂志》1981 年第 4 期。

[3] 西安半坡博物馆等:《姜寨——新石器时代遗址发掘报告》,文物出版社,1988 年。

[4] 韩汝玢:《姜寨第一期文化出土黄铜制品的鉴定报告》,载文献 [3]。

[5] 甘肃省文物工作队等:《甘肃东乡林家遗址发掘报告》,《考古学集刊》(4),中国社会科学出版社,1984 年。

[6] 张学正等:《甘肃发现的早期金属器物的研究》,国际冶金史学术讨论会论文,北京,1981 年。

[7] 和岛诚一:《山西省河东平野及び太原盆地北半部に于ける先史学的调查概要》,《人类学杂誌》58卷第4期，1943年。转自文献 [8]。

[8] 安志敏:《中国早期铜器的几个问题》,《考古学报》1981年第3期。

[9] 山东省文物管理处等:《大汶口（新石器时代墓葬发掘报告)》第43页，文物出版社，1974年。

[10] 牛河梁铜环见辽宁省文物考古研究所:《辽宁近十年来文物考古新发现》,《文物考古工作十年（1979~1989)》，文物出版社，1990年。

[11]《中国文明起源座谈纪要》,《考古》1989年第12期，并见《考古研究所史前工作二十年》,《考古》1997年第8期。

[12] 孙淑云等:《甘肃早期铜器的发现与冶炼、制造技术研究》,《文物》1997年第7期。

[13] 中国社会科学院考古研究所:《胶县三里河》，文物出版社，1988年。鉴定报告并该书附五,《三里河遗址龙山文化铜器鉴定报告》。

[14] 严文明:《论中国的铜石并用时代》,《史前研究》1984年第1期。栖霞杨家圈二期铜锥并详见北京大学考古系等:《胶东考古》第198页，文物出版社，2000年。

[15] 何堂坤等:《长岛店子龙山文化铜片科学分析》，待刊。

[16] 山东省文物考古研究所:《山东省文物考古工作五十年》，载《新中国考古五十年》第238页，文物出版社，1999年。

[17] 河南省文物研究所等:《河南淮阳平粮台龙山文化城址试掘简报》,《文物》1983年第3期。

[18] 中国社会科学院考古研究所山西工作队等:《山西襄汾陶寺遗址首次发现铜器》,《考古》1984年第12期。林晓毅等:《陶寺中期墓地被盗墓葬抢救性发掘纪要》,《中原文物》2006年第5期。

[19] 李水城等:《酒泉县丰乐乡照壁滩遗址和高苜蓿地遗址》,《中国考古学年鉴》（1987年)，文物出版社，1988年。

[20] 湖北省文物研究所等:《湖北石家河罗家柏岭新石器时代遗址》,《考古学报》1994年第2期。《文物考古工作十年（1979~1989)》第194页，`文物出版社，1990年。

[21] 河南省文物管理所等:《登封王城岗遗址的发掘》,《文物》1983年第3期。

[22] 河南省文物研究所等:《登封王城岗与阳城》，文物出版社，1992年。遗址中出土一件容器残片，器形不易分辨，有学者认为其像鬶的残片，故暂且以之为名。

[23] 李京华:《关于中原地区早期冶铜技术及相关问题的几点看法》,《中原古代冶金技术研究》，中州古籍出版社，1994年。

[24] 泉华:《中国早期铜器的发现与研究》,《史学集刊》1985年第3期。

[25] 中国社会科学院考古研究所:《河南临汝煤山遗址发掘报告》,《考古学报》1982年第4期。

[26] 河北省文物管理委员会:《河北唐山市大城山遗址发掘报告》,《考古学报》1959年第3期。断代并见文献 [14] 严文明先生文。

[27] 甘肃省博物馆:《武威皇娘娘台遗址发掘报告》,《考古学报》1960年第2期。《武威皇娘娘台遗址第四次发掘》,《考古学报》1978年第4期。

[28] 中国科学院考古研究所甘肃工作队:《甘肃永靖大何庄遗址发掘报告》,《考古学报》1974年第2期。谢端琚:《论大何庄与秦魏家齐家文化的分期》,《考古》1980年第3期。

[29] 中国科学院考古研究所甘肃工作队:《甘肃永靖秦魏家齐家文化墓地》,《考古学报》1975年第2期。

[30] 孙淑云等:《中国早期铜器的初步研究》,《考古学报》1981年第3期。

[31] 甘肃省博物馆:《甘肃省文物考古工作三十年》,《文物考古工作三十年(1949～1979)》,文物出版社,1981年。

[32] 田毓璋:《甘肃临夏发现齐家文化骨柄铜刃刀》,《文物》1983年第1期。青海省文物考古队:《青海互助土族自治县总寨马厂、齐家、辛店文化墓葬》,《考古》1986年第4期。

[33] 甘肃省岷县文化馆:《甘肃岷县杏林齐家文化遗址调查》,《考古》1985年第11期。

[34] 青海省文物管理处考古队:《青海省文物考古工作三十年》,《文物考古工作三十年(1949～1979)》,文物出版社,1981年。

[35] 青海省文物考古队:《青海互助土族自治县总寨马厂、齐家、辛店文化墓葬》,《考古》1986年第4期。陈振中:《先秦的铜锥和铜钻》,《文物》1998年第2期。

[36] 李虎侯:《齐家文化铜镜的非破坏鉴定》,《考古》1980年第4期。

[37] 北京科技大学冶金史研究室:《登封王城岗龙山文化四期出土的铜器WT196H617:14残片检验报告》,载《登封王城岗与阳城》,文物出版社,1992年。

[38] 甘肃矿业公司矿产勘测总队:《甘肃地质矿调查报告书》,第74～75页,1973年。

[39] 铜绿山考古发掘队:《湖北铜绿山春秋战国古矿井遗址发掘简报》,《文物》1975年第2期。

[40] 甘肃省文物考古研究所等:《甘肃民乐县东灰山遗址发掘纪要》,《考古》1995年第12期。

[41] 张万钟:《泥型铸造发展史》,《中国历史博物馆刊》总第10期,1987年。

[42] 容庚、张维持:《青铜器的起源和发展》,《中山大学学报》1962年第3期。

[43] 陈戈、贾梅仙:《齐家文化应属青铜时代——兼谈中国青铜时代的开始及其相关的一些问题》,《考古与文物》1990年第3期。

[44] 何堂坤:《先秦青铜合金技术的初步探讨》,《自然科学史研究》1997年第3期。

第七节　采矿技术的发明

[1] 沈阳市文物管理办公室:《沈阳新乐遗址试掘报告》,《考古学报》1978年第4期。

[2] 辽宁省煤田地质勘探公司科学技术研究所:《沈阳新乐遗址煤制品产地探讨》,《考古》1979年第1期。

[3] 沈阳新乐遗址博物馆:《辽宁沈阳新乐遗址抢救清理发掘简报》,《考古》1990年第11期。

[4] 《路史》第四册,卷一三,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第215碟。

[5]《文选》第二册,卷四,第21页,《蜀都赋》刘逵注。文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第428碟。

[6] 白广美:《川东、北井盐考察报告》,《自然科学史研究》1988年第3期。

[7] 孙华:《四川盆地盐业起源论纲——渝东盐业考古的现状、问题与展望》,《盐业史研究》2003年第1期。

[8] 孙华:《渝东史前制盐工业初探——以史前时期制盐陶器为研究角度》,《盐业史研究》2004年第1期。

[9]《水经注》第十六册,卷三三,第22页"江水",文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第234碟。

[10] 黄慰文:《广东南海县西樵山遗址的复查》,《考古》1979年第4期。

[11]《新中国考古五十年》第314页,文物出版社,1999年。

[12] 浙江省文物管理委员会:《河姆渡遗址第一期发掘报告》,《考古学报》1978 年第 1 期,第 49 ~ 50 页。浙江省文物考古研究所:《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》第 293 页,文物出版社,2003 年。

[13] 洛阳博物馆:《洛阳矬李遗址试掘简报》,《考古》1978 年第 1 期。

[14] 安阳地区文物管理委员会:《河南汤阴白营龙山文化遗址》,《考古》1980 年第 3 期。

[15] 上海市文物管理委员会:《1987 年上海青浦县崧泽遗址的发掘》,《考古》1992 年第 3 期。

[16] 南京博物馆:《太湖地区的原始文化》,《文物集刊》第 1 期。

第八节　髹漆技术的萌芽

[1] 河姆渡遗址考古队:《浙江河姆渡遗址第二期发掘的主要收获》,《文物》1980 年第 5 期。浙江省文物考古研究所:《河姆渡——新石器时代遗址考古发掘报告》第 291 页,文物出版社,2003 年。按:河姆渡文化一期出土过 25 件木质筒形器,有 7 件的外表留有藤緾或涂料装饰过的痕迹,但也有学者认为此涂料即是漆,惜未科学分析为凭。

[2]《中国美术全集·工艺美术编 8·漆器》,文物出版社,1989 年。

[3] 吴苏:《圩墩新石器时代遗址发掘简报》,《考古》1978 年第 4 期。

[4] 江苏省文物工作队:《江苏吴江梅堰新石器时代遗址》,《考古》1963 年第 6 期,并见文献 [3]。

[5] 贾汉清等:《阴湘城发掘又获重大成果》,《中国文物报》1998 年 7 月 1 日。

[6] 中国社会科学院考古研究所山西工作队等:《1978 ~ 1980 年山西襄汾陶寺墓地发掘简报》,《考古》1983 年第 1 期。

[7] 高炜:《陶寺考古发现对探讨中国古代文明起源的意义》,《中国原始文化论集》,文物出版社,1989 年。

[8] 王世襄:《中国古代漆工杂述》,《文物》1979 年第 3 期。

[9] 沈福文:《漆器工艺技术资料简要》,《文物参考资料》1957 年第 7 期。

[10] 陈元生等:《史前漆膜的分析鉴定技术研究》,《文物保护与考古科学》7 卷第 2 期,1995 年。

[11] 河南省文物考古研究所:《舞阳贾湖》,科学出版社,1999 年。

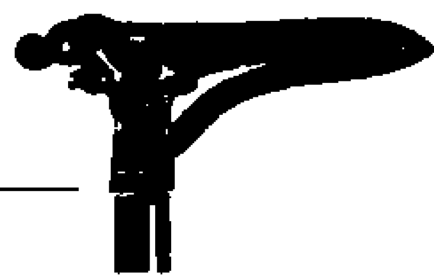
[12] 甘肃省博物馆等:《甘肃秦安大地湾新石器时代早期遗存》;张明川等:《试谈大地湾一期和其他类型文化的关系》,皆见《文物》1981 年第 4 期。按:大地湾一期距今约 7000 ~ 8000 年。

[13] 李文杰:《甘肃秦安大地湾一期制陶工艺研究》,《考古与文物》1996 年第 2 期。

[14] 浙江省文管会等:《河姆渡发现原始社会重要遗址》,《文物》1976 年第 8 期;浙江省文物管理委员会:《河姆渡遗址第一期发掘报告》,《考古学报》1978 年第 1 期。

[15] 马清林等:《甘肃秦安大地湾遗址出土彩陶(彩绘陶)颜料以及块状颜料分析研究》,《文物》2001 年第 8 期。

[16] 陈振裕:《先秦漆器概述》,《楚文化与漆器研究》第 283 ~ 284 页,科学出版社,2003 年。



第二章

夏商周手工业技术的发展

夏、商、周三代是我国古代文明产生和发展的重要阶段，前后经历了1800多年，在中国文明史、世界文明史上都占有重要的地位。

夏族原是黄帝族的一支，据说他们先起晋南，然后东进豫境[1]。夏代是我国古代第一个统一的国家政权[2]，依据“夏商周断代工程”的研究，夏代约始于公元前2070年，终于公元前1600年[3]；在考古文化中，夏代之始年约与河南龙山文化晚期的王城岗二段相当，最初的都城当即登封王城岗[4]；王城岗二段的^{14}C年代测定数，即相当于公元前2070年左右[5][6]。所以夏代当始建于龙山文化晚期，其早期便相当于王城岗二段、三段；中期、晚期则相当于二里头文化的一、二期。在考古学中，二里头文化计分四期，经^{14}C年代测定，一期为公元前1880~前1730年，二期为公元前1740~前1600年，三期为公元前1600~前1555年，四期为公元前1560~前1521年[7]；第三、四期文化已进入商代纪年①。

夏已进入文明社会②。文明的几大要素：城市的形成、复杂礼仪中心的出现、冶金技术的发明，文字的使用和国家的出现等[8]，诸项条件基本上都已具备，夏代使用文字之事也不能完全排除。据考古发掘和研究，邹平丁公龙山文化陶片（约公元前2200~前2100年）上已有了文字，桓台岳石文化已有了卜骨刻文（约公元前1700~前1500年，相当于夏代晚期和商代早期）[9]。

此时手工业已从农业中分离出来。夏代手工业已较发达，在二里头遗址的南部有青铜冶铸作坊，出土有坩埚残片、陶范、铜渣和进行冶铸操作的工作面；遗址西北面有陶窑，可能是制陶作坊；遗址北面和东面出土有骨料和骨质的半成品、磨石，可能是制骨作坊[10]。显然这些手工业都已脱离了农业，而成为独立的生产部门。《考工记·国有六职》云：“有虞氏上陶，夏后氏上匠。”这也从一个侧面反映了夏代手工业技术的发展。二里头遗址的宫殿居中，四周为手工业区和一般居住区，中间有道路相通，可见它已具备了早期都邑的规模和内容[11]。

商族原活动于漳水流域，即今河北南部、河南北部一带，其始祖是契，曾佐禹治水有功。汤灭夏前居亳，据考，即在今河南濮阳。从最新的考古资料看，偃

---

① ^{14}C年代测定数据目前虽然已较准确，但还不是绝对准确，所以在二里头文化，或者其他考古文化的分期中，有些^{14}C年代往往是重叠的。这种重叠式的年代表示法，不是疏漏，而是理应如此，它正好说明了这些数据“虽然比较接近于真实，但还未必十分真实”。

② 依《夏商周断代工程》，夏应始于龙山文化晚期，但其早期都城迄今尚未找到，今人对其总体形态尚缺乏了解，故本书所说的夏代实际上只是夏代中、晚期，即二里头时期；这也是目前学术界的通行做法。

师商城即是商灭夏后所建最早的都城，即是史书所云汤都西亳，它的始年即公元前1600年，这是夏、商两代政权更迭的标界[12][13][14]。今在考古发掘中所见商代的几个重要都城是：偃师乡尸沟商城、郑州商城和安阳殷墟。乡尸沟商城最早，郑州商城稍后，前二者为商代前期都城，殷墟则为商代晚期都城。商终于公元前1046年。

商代是我国古代奴隶社会的发展期，其手工业相当发达，并形成了许多独立的生产部门。1969～1977年，安阳小屯村西的安阳钢厂一带发掘了939座殷代墓葬，有76座出土有铜（铅）锛、凿、锥、石斧、镰、陶纺轮、骨锥、陶拍等手工业具[15]，这些墓的主人生前很可能就是从事手工业生产的。《左传》定公四年载：周曾分商遗民六族给鲁，七族给卫。此十三族中至少有九族是因从事某种手工业而著称的；如给鲁的索氏，绳工；长勺氏、尾勺氏，酒器工；给卫的陶氏，陶工；施氏，旗工；繁氏，马缨工；锜氏，锉工或釜工；樊氏，篱笆工；终葵氏，椎工。可见工种较多且分工较细。这些手工业者大体上是原始社会沿袭下来的手工业氏族。《左传》定公元年载：春秋时期薛国的皇祖奚仲，曾“居薛，以为夏车正”。此“车正”应是管理制车工人的首领。当然，也可能有一部分手工业工人是奴隶。

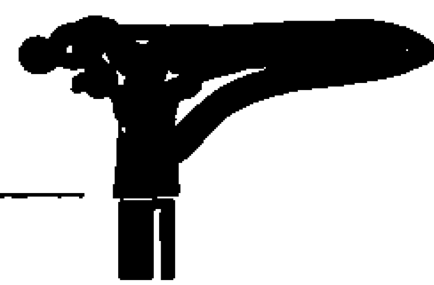
周族起源于今陕西中部和甘肃东部一带，其始祖弃（后稷）曾被尧举为农师。古公父时期，周人迁徙到了岐山下的周原，并定国号为周，从此真正进入了文明社会。先周时期（西周以前）的周人实际上已进入了青铜时代。西周时期，在政治、经济上都采取了许多重大的措施，使我国古代奴隶社会的经济基础和上层建筑两方面都逐渐完善起来。但有一点值得注意的是：周灭商之后，在相当长一个时期内，其生产技术是不能与商代晚期相比的。夏人、商人、周人，都是古老的氏族，夏、商、周三代的更替，并不是在原有文化技术基础上建立新的体制，而是一个氏族取代另一个氏族的统治，故其间明显地存在着文化和生产技术上不太衔接的现象。仅西周而言，实际上是到了西周中晚期，生产技术才获得较大成就。东周时期，因礼乐崩溃，群雄割据，互相兼并，大统一的局面受到破坏，但各国通过不同形式的变法，整个社会又有了许多进步。西周和春秋战国时期的手工业都有了许多重要的发展。

第一节 采矿技术的初步发展

夏、商、周三代是我国古代采矿技术蓬勃发展的时期，多种金属和非金属矿开采都迅速发展起来，铜矿、铁矿、丹砂、食盐、煤炭的开采都取得了较大的进步。尤其是铜矿开采，在南方、北方都涌现出了我国古代第一批大型采矿场，并建立了一整套完整的地下开采体系。但在不同历史时期、不同地区，其发展状况又有一定的差别。

总体上看，夏、商、周三代采矿技术的发展大体经历了三个阶段：

第一阶段，夏至商代前期，或说二里头文化至二里岗文化时期，这是我国古代金属矿开采技术的兴起期。夏文化，以及四坝文化、岳石文化、夏家店下层文化等都已较多地采铜、炼铜。二里头和盘龙城时期[16]，有的铜器含铅、含锡量已



经不低，有报道说二里头三期遗存出土过1件铅片（IVH76:48）[17]，说明当时已采铅、炼铅。《禹贡》云：青州厥贡“岱畎丝枲鈆松怪石。”此“鈆”即铅。该书又云：扬州“厥贡惟金三品”，荆州“厥贡羽毛齿革惟金三品”。此“金三品”，孔传认为是金、银、铜；但由考古资料看，笔者认为释作铜、锡、铅更为适宜。《禹贡》原题为夏书，当基本可信。考古学家邵望平认为，原作者的地理知识是仅限于公元前1000年以前的；其中的“九州”说有可能出自商朝史官，或商朝史官对夏口碑的追述[18]。此期当主要是露天开采，或有部分小型的地下开采。

第二阶段，商代中、后期至西周，这是我国古代采矿业的第一个繁荣期，铜、锡、铅等金属矿，玉石、食盐等非金属矿都已大量开采，煤玉采取量也有增加。今见于考古发掘的先秦大型采矿遗址中，至少四处是此期着手开采的。它们是：（1）内蒙古昭乌达盟林西大井古铜矿，断代西周晚期至春秋早期[19]。（2）湖北大冶铜绿山古铜矿，年代上限为商代晚期，下限为西汉，隋唐时期又在早期基础上进行过开采。今发掘的矿体主要属于春秋战国时期[20]。（3）皖南古铜矿，年代上限为西周，下限为唐宋[21]。（4）江西瑞昌铜岭古铜矿，原断代为商代中期至春秋战国[22]。西周时期，煤玉出土大量增加，仅宝鸡市茹家庄一处两座西周墓便出土了200余件[23]。周代还设置了专管矿业的职官。《周礼·地官》云：“丱人，掌金玉锡石之地，而为之厉禁以守之。”《周礼·职金》云：“职金掌凡金玉锡石丹青之戒令。”这是我国古代关于矿业管理的较早记载。从江西铜岭古矿遗址看，至迟商代中期，我国古代地下开采的技术体系便已形成。

第三阶段，春秋战国，这是我国古代采矿业的转变期，在金属矿开采方面，由采铜（矿）为主转变成了采铁（矿）为主，同时开采技术也有了不少发展。春秋战国或更早，铜、铁、铅、锡、金、银、汞七种金属矿，我国先后都已开采和冶炼。从考古资料看，山顶洞人、北首岭人、大汶口人等，都曾使用过赤铁矿；但那是作为颜料、涂料使用的；作为冶铁用的铁矿石之开采，中原地区应始于西周时期，战国时期急剧增加起来。《山海经》一书记载了73种矿物，其中金属就有铁、铜、锡、金、银五种，此外还谈到了煤矿。其“五藏经”所载产铁之地34处，今有明确地点可考证的达17处。《管子·地数》篇说全国出铁之山三千六百零九，出铜之山四百六十七，此数字虽未必确凿，但说明了铁、铜开采之盛。此期经考古发掘的大型铜矿约有三处，一是湖南麻阳古矿，断代战国[24]，其余两个便是前面提到的皖南古矿和大冶铜绿山古矿。此外，滇池地区也在此期冶炼了不少铜器和部分铁器，肯定也有了金属矿开采，今新疆的奴拉赛铜矿也已采炼，其年代约与中原的东周相当。早期铁矿大约多是一些露天矿、鸡窝矿之类，其遗址是很难保留下来的。

此时期采矿技术中最值得注意的事项是：铜矿开采已由地上开采发展成了大规模的地下开采。在地下开采时，人们有效地采用了竖井、斜井、盲井、平巷相结合的开拓方式，初步解决了井巷支护、采掘、运输、提升、通风、排水、照明等一系列复杂的工程技术问题。有的矿井至今依然较好地保存着。人们在共生矿识别技术，以及在找矿、选矿技术方面，也都积累了丰富的经验。

一、大型采矿场的出现

今在考古发掘中看到的先秦大型采矿场主要有6处，即前云瑞昌铜岭（始于商代中期）、大冶铜绿山、皖南（皆始于商代晚期）、内蒙大井（相当于西周）、新疆奴拉赛（相当于春秋）、湖南麻阳（战国）古矿场。此6处之中，除麻阳外，都是兼具了采、冶的，唯麻阳有采无冶。

（一）林西大井采冶场[25][26][27]

林西大井古铜采冶场位于今内蒙赤峰市林西县境，1976年发掘，遗址范围约2.5平方公里，地表可见古采坑47处和8个冶炼区，是一座集采矿、选矿、冶炼、铸造为一体的联合作坊。开采工具主要是石器，计收集到1500多件（出土1061件，采集400多件）；种类有石钎、斧形钎、凿形钎、石锤等；铜质工具只出土过一件铜凿。据^{14}C年代测定，距今约2970±115年。

古采矿场是沿矿体走向作露天开采的，开采深度一般为7~8米，最深达17米，采场最长达500多米。矿脉急陡；为减少剥离量，边坡也十分陡峭。人们在露天采场的底部曾发现一个1米多深的平硐，这显然是为采挖底部富矿而开掘的。

从采集到的标本看，铜矿主要是一种含有锡石、毒砂的黄铁矿—黄铜矿，其占全矿区总储量的95%。铜矿平均品位为：铜1.84%（最高13.4%）、砷0.83%（最高14.68%）、锡0.51%、银0.01091%。这是迄今所知我国最早使用的硫化矿。

（二）铜绿山采冶场[20][28][29][30]

铜绿山古铜采冶场位于湖北省大冶县，1973~1974年发掘，遗址范围包括铜绿山、柯锡太村等处，南北长约2公里，东西宽约1公里，发掘了大量与找矿、采矿、冶炼有关的大量遗址和遗物。采矿场包括露天开采和地下开采两种。今已发现古代露天采场7个，地下采区18个，竖井252个，井巷总长度8公里以上。所有老窿全用木料支护，估计整个古矿区所用木料达3000米^3。古采场内留有3万~4万吨铜矿石，品位高达12%~20%，平均达6%以上。人工堆积物70余万米^3。采掘工具以铜、铁器为主。铜工具有铜锛、铜斤、铜镢、铜斧、铜锄、铜凿，计47件，其中属商的有斧2件，属西周的有斧3件、斤2件、锛10件，属春秋的有斧17件。铁工具有铁锤、铁锛、铁斧、四棱铁錾、铁耙、铁铲等，计23件，其中1件锛属春秋中期，余皆属战国，及至西汉。木器、石器亦占较为重要的地位，所出木制及石质工具上千件，种类有木铲、木耙、木槌等[31]。在地下开采时，有效地采用了竖井、斜井、盲井、平巷等相结合的开拓方式，初步解决了井下支护、通风、排水、提升、照明等一系列复杂的技术问题。

今发掘的主要是“12线老窿”和“24线老窿”，分属春秋和战国两个时期。但因后一老窿曾出土有汉代河南郡第三冶铁作坊生产的铁铲（其上有“河三”二字铭），故很可能它在汉代亦曾使用。

这是迄今所见我国古代保存最为完整的一座采矿场，国内外都甚为罕见。有关其开采、冶炼技术方面的具体问题，下面再作介绍。

（三）皖南采冶场[21]

皖南古矿采冶场主要分布于安徽省南部的铜陵、南陵、繁昌、贵池、青阳一



带。在铜陵市境内，今已发现商至唐宋的采冶遗址29处，其中属于商周的便达7处。一般都采、冶配套，凡有冶场处，附近多有采矿场。采矿方法有露天开采、地下开采，以及先露采后坑采三种。

（四）瑞昌铜岭采冶场[22][32]

1988～1992年发掘，古采矿区约70 000米^2，古冶炼区约170 000米^2。考古发掘揭示采矿区约1800米^2，其中有露天开采，也有地下开采。古采矿区出土有露天采场、矿井、巷道、选矿场、工棚等百余处，铜、石、竹、木、陶质的生产工具和生活用器数百件。在采矿区内，今已清理竖井103口，平巷19条。井巷大多采用木质支护结构，井壁贴有扁平木板或小木棍，井体采用榫卯式和内撑式方框支架组接，井深大都在8米以上。发现铜渣堆4处，现存古冶炼区3处，均呈椭圆形分布。古代炼渣堆积最厚处达4米，总量约达数十万吨。据^{14}C测定，遗址年代上限为商代中期，下限为春秋，及至战国早期。

出土遗物中有采掘、排水、选矿、装载、照明等生产工具和生活用具，其中尤其值得注意的是3种器物：一是木辘轳，这是我国今见年代最早的辘轳；二是钺形斧，青铜质，弧刃，造型十分别致，为开采所用；三是鬲式鬶，出于11号竖井，依其形制当为商代中期物。

（五）麻阳铜矿场[24]

麻阳铜矿场位于湘西沅麻盆地中段。1982年清理，计发现古矿井14处，其中13处作了调查。此13处中，只有一处为露天开采，余皆为地下开采。矿井通常是自上而下、沿矿脉走向而倾斜开凿的，采幅一般为0.8～1.4米，最小0.4米，最大3米左右。12处矿井中，有10处的开采深度都在125米标高以上，只有两处低于此数，其中“2202”号老窿的标高为95米，斜长140米，垂直深度80米。井巷上为木柱支护，有的地方还铺有地栿。木支柱皆系砍成，未经锯切。

今麻阳铜矿是一个以自然铜为主的砂岩型富铜矿，自然铜含量占铜矿物总量的85%，其次为辉铜矿，以及孔雀石、赤铜矿、黑铜矿等，且伴生少量的银。13处古矿井开采面积约32 351米^2，开采矿石约175 365吨；品位2%～12.8%，平均4.86%。

采掘工具主要是铁器，包括铁錾和铁锄等，另有部分木器，所见有木铲、木杯、木瓢、木槌等。据^{14}C测定，遗址距今约2730±90年。结合器物形制判断，应属战国时期。

（六）奴拉赛古矿冶场

奴拉赛古矿冶场位于今新疆尼勒克县城南3公里，20世纪50年代就已发现，80年代时作了进一步调查和发掘，发现有古矿井及其木支护，采矿用的石器、炼渣、冶炼产品等。表层矿脉为氧化带，地表5米以下为原生矿。原生矿以辉铜矿为主，且含斑铜矿、黄铜矿、黄铁矿等。1号矿脉地表部分铜矿平均品位为5%，有的高达17%；掌子面采集的样品，品位可高达30%。今已发现10余处古矿井，皆沿矿脉分布，可惜的是皆已塌陷。在1号矿体下的15米处，发现一个古代采空区，深及30米，宽6米，长8米。采空区内残留有木支护、石锤、炭块、骨片等。所出土的木支护经^{14}C测定，年代为公元前2650±170年，约与春秋中期相当。采矿

区附近还有一个冶炼场，出土有炼渣、木炭、矿石、冰铜等物[33]。

二、先秦铜矿的地下开采技术

从采矿技术的发展程序上看，大凡都是先有露采，后有坑采。从仰韶文化到二里头至二里岗时期，我国铜矿大约都是以露采为主的。但坑采始于何时，由露采到坑采的演变过程如何，眼下还不太清楚。目前所见大型铜矿遗址皆属商代中期之后，但从铜岭的发掘资料看，至迟商代中期，坑采技术便已达到较高水平。所以在商代中期之前，肯定还有一个坑采的发明、发展过程。在先秦古矿场中，保存较好、技术较为先进的是大冶铜绿山[20][28][29][30]和瑞昌铜岭矿场[22][32]，它们都进行过露采和坑采。露采的对象是矿体较厚、品位较高、剥离层较薄的矿体。从考古资料看，我国铜矿露采的具体做法通常是：先开采矿体露头，之后再将废石回填到露天采场之内。有的露天采场在后世又沿“废石堆”，在回填物底层下掘竖井，做地下开采。铜绿山的露天采场只有少数几个，如北 XI 号矿体（T4）等，此矿场有人工堆积物 20 多万米^3，端部留有品位为 4% 以上的铜矿石，堆积物中分布有 36 个春秋时期的竖井。此 XI 号矿体的露采应在春秋以前。坑采，即地下开采的操作要点是：从地表开掘通达矿体的巷道，构成采掘、运输、提升，以及通风、排水等一整套地下开采系统。今仅以铜岭和铜绿山坑采为例作一说明。

（一）井巷开拓与支护

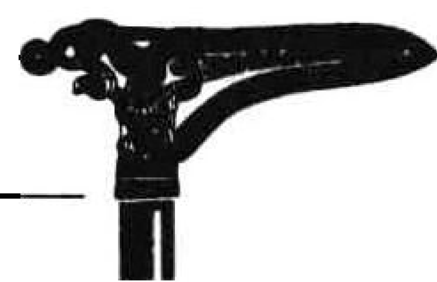
井巷是地下开采的必由之路，它主要包括竖井、斜井、平巷三种，在不同历史时期，不同地区，三种井巷的使用和支护情况都有一定差别。

1. 铜岭支护技术[32]

从考古资料看，商代中期的井巷支护便开始规范化起来，之后，结构不断改进，逐步形成了一种具有抵抗侧压、顶压、地鼓等综合性能的木架支护。

（1）竖井支护。商代中期便采用了由井框和背棍组成的标准支护结构。井框为预制件，相间而置，支护时在井下装配，成为井筒的护壁。井框由 4 根圆木吻接而成方形或矩形，其中 2 根横木不作任何加工，另 2 根则将两端削成碗口状托槽，并以之作为内撑木；将碗口结构的内撑木装在同一壁，呈“同壁碗口接内撑式”。井筒断面约为 70 厘米 ×70 厘米（或 80 厘米 ×92 厘米）。这种碗口式接合，是为适应井巷围岩变形而设计的，唯存在挤压应力时才能接合牢固。商代晚期竖井支护无大变化，不同处是另加了 2 根内撑以为加强，可称之为“同壁碗口接内撑加强式”。西周竖井为正方形，仍采用间隔式框架支护，但框木采用榫卯衔接法，框木的一端为公榫，一端为母榫，框架背面采用封闭严密的木板护壁，从而增强了抵抗围岩侧压的能力。

（2）平巷支护。在商代，平巷采用厢架式支护法，每个厢架断面皆呈矩形，由 1 根顶梁、2 根立柱、1 根地栿组成，框架间距 60～80 厘米。商代中期，采用碗口接厢架式结构支护，与同期竖井支护方式相似，立柱两端砍削成碗口状托槽，以承顶梁和地栿。商代晚期采用开口贯通榫接厢架式支护，柱脚为圆周截肩单榫，柱头为开口贯通榫，顶梁两端为单榫与柱头贯通榫接，地栿两端有卯眼承接柱脚榫，组成厢架；在顶棚和巷背皆密排小棍，并敷以树叶和草，形成棚子。西周时期，巷道厢架采用榫卯式接合，顶棚、巷背均用木板密排，其封闭状况较商代晚



期更为严密。

支护用木皆为质地坚硬、无木节、无扭纹的栎木、楠木。

2. 铜绿山开拓和支护情况[20][28][29][30]

商代晚期。其地下开拓方法已有两种形式：即单一开拓和联合开拓。前者主要采用一种方式，或竖井、或斜井、或平硐来开拓巷道；后者则用两种或两种以上的方式来开拓巷道。在联合开拓中，已采用竖井、斜井、盲井做联合开拓；主要见于 VII 号矿体的 2 号点，但总体上都显得较为原始。

西周。基本特征是竖井多而小，平巷少而短，是以竖井为主的群井开采。一个采区群体的竖井有的多达 22 个。井筒多呈方形，净断面宽度为 45 厘米或 60 厘米不等。用框木做间隔支护，间距 40～60 厘米。框木用带榫套接。井框外壁背有一层竹席。井深一般为 20～30 米。盲井的支护方式与竖井相同，平巷的断面形状、尺寸、支架结构亦与竖井相同。

春秋。成功地使用了竖井、斜井、平巷联合开拓的技术，初步形成了完整的地下开采系统。此期竖井仍以群井方式布置，一个采区群的竖井多达 48 个。

斜井的支护和掘井施工技术，难度都是较大的。此期斜井倾角一般为 25°～70°。其支护方法有二：一是井框支架垂直于顶底板（图 2－1－1，a、b）；二是井框支架沿地心方向敷设（图 2－1－1，c）。这说明人们对斜井的支护已有了正反两方面的经验。为防止井框滑移、错动，人们还设计出了壁基式框架结构。

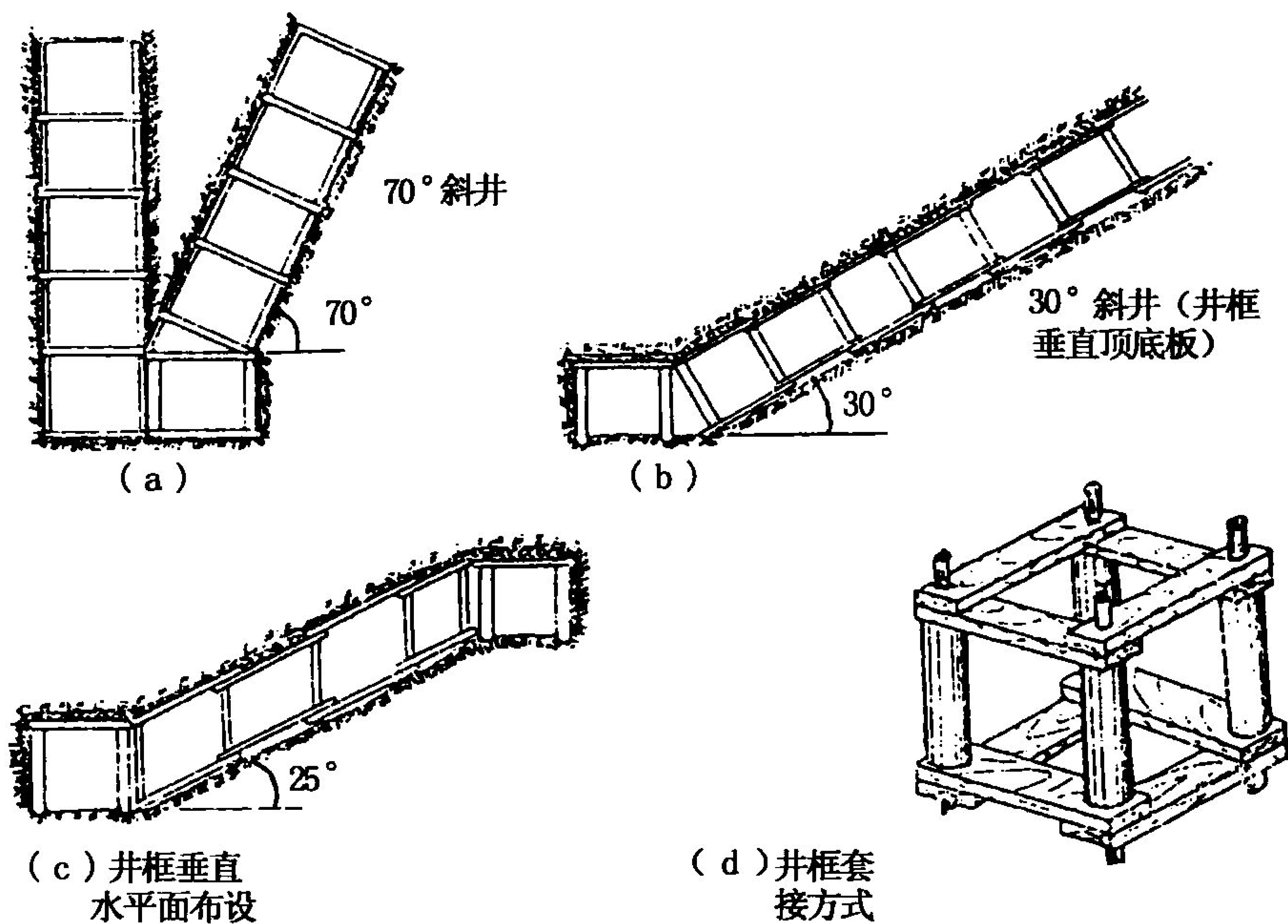
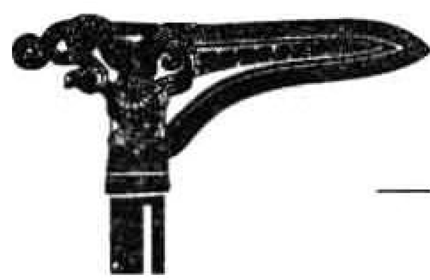


图 2－1－1　铜绿山春秋斜井的两种支护方式

采自《有色金属》1980 年第 4 期第 89 页

平巷是由竖井和斜井通向采场的走廊，有时也是工作面。此期平巷支护方式



有了进步，一方面是不再采用有底梁的框架（仍用榫卯接），另一方面是断面加大且变成了矩形，净断面达80厘米×100厘米或80厘米×120厘米。

竖井是由地面通向矿体的主要通道，此期的竖井断面也变成了方形，净断面小者为35厘米×47厘米，大者达75厘米×103厘米，最大井深达64米，达潜水面以下8~10米。

战国、西汉。这是铜绿山矿区开采的全盛期。技术上的进步主要是出现了中段平巷，即竖井开挖到一定深度后，便向两边掘进中段平巷，在中段巷道的中部或一端，下挖盲井达采场（图2-1-2）。

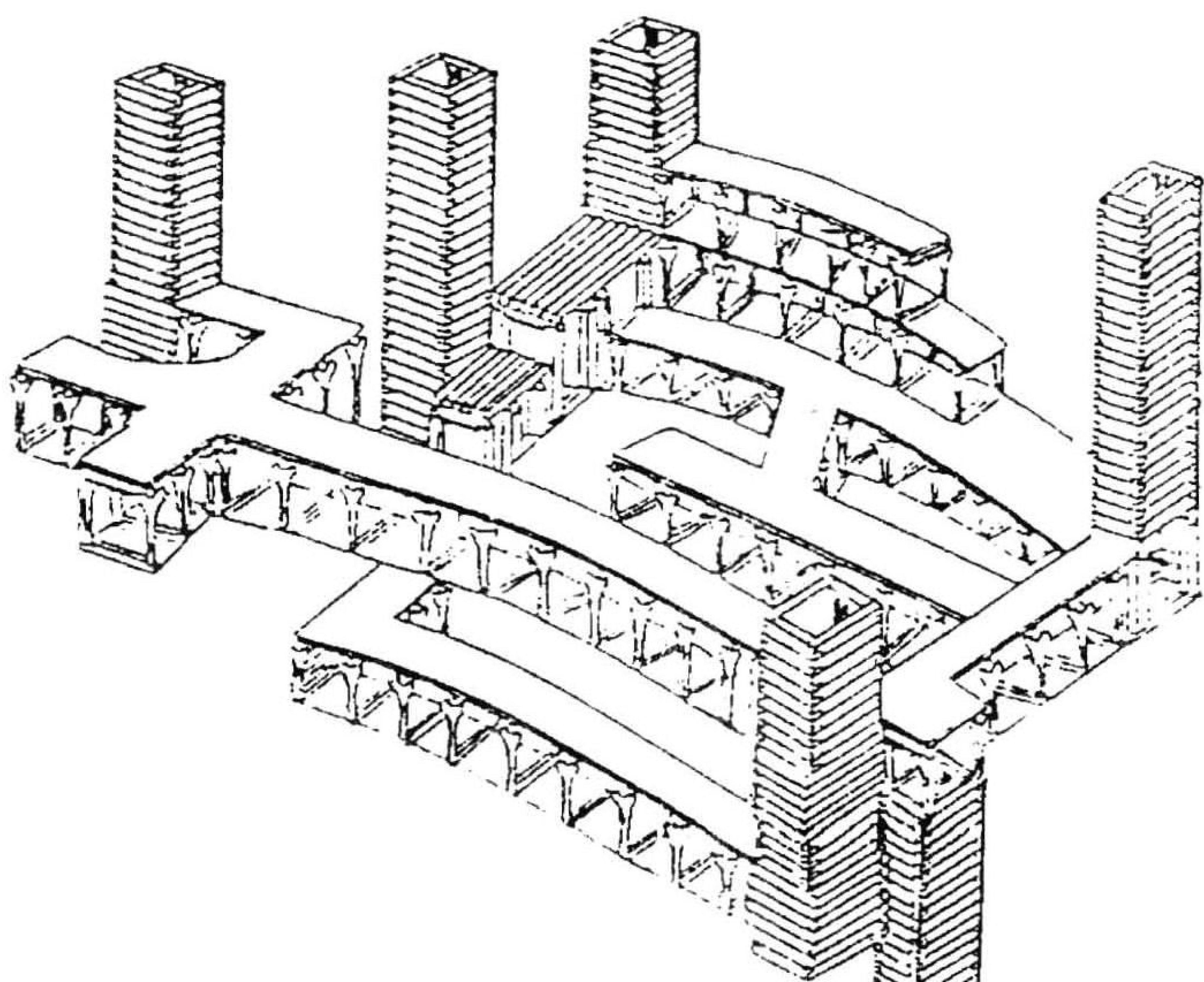


图2-1-2　铜绿山仙人座1号矿体第24线战国西汉矿井开拓系统复原图
采自《有色金属》1980年第4期第90页

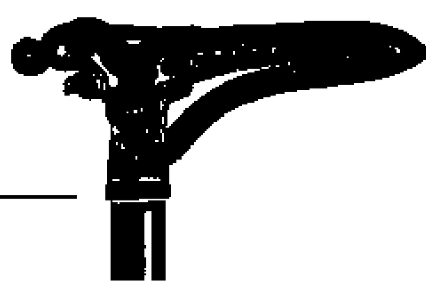
此期竖井采用了经过精加工的方木或圆木，作密集式垛盘支护，完全可与现代木结构井架媲美。竖井断面虽仍为方形，但其尺寸明显增大，净断面边长有90厘米、105厘米、120厘米三种。有的竖井达潜水面下28~30米，若在原地貌条件下，估计井深应达80~98米。此期斜井技术的主要进步是出现了阶梯式斜井，它适用于次生富集带的探矿和采矿。此期平巷断面更为宽大，距离更长，支护更为坚固，其支护断面为120厘米×150厘米~180厘米×160厘米（宽×高）。掘进在破碎带和围岩蚀变带内的巷道，采用了封闭式支架（即完全棚子），这表明古人对井巷掘进中出现的地压已有了一定认识，不但具有了与顶压、侧压作斗争的经验，而且具有防治底鼓的对策。

（二）地下采矿方法

铜岭与铜绿山虽有许多相似之处，但又各有特色。因资料不多，仅介绍如下：

1. 铜岭开拓法[32]。

铜岭矿体赋存于白云质灰岩与泥质粉砂岩的接触带内，埋藏较浅，岩体坚固



性稍低，抗压强度为100～400千克/厘米^2。其大体上亦可区分为单一开拓法和联合开拓法两种。

（1）单一竖直浅井开拓法，适用于矿层较浅、较薄的情况。井筒断面约70厘米×90厘米。矿石采毕便是开拓终了，后期井深加大。

（2）联合开拓法。其又有两种方式：（1）坑槽—竖井式，即先在地表挖半地穴式露天坑槽，以追踪富矿，继之在矿坑尾端向下开挖井筒。（2）竖井—斜巷—平巷法，即先在地表向下开凿较浅的竖井，之后在井底开挖斜巷、平巷。今日所见商代实例皆规模较小，可知井下开拓在商代尚处于草创阶段。

2. 铜绿山开采方法[20][28][29][30]。

铜绿山古矿18个地下采区的开采方法，约可归纳为四类八种：

（1）群井开采。即用一群竖直井筒进行地下开采，井筒打在矿体内，下掘井筒就是开采过程，掘进终了就是开采终了。若继续开采须另打新井。井筒掘得越多，工作面就越大，矿石产量也就越高。约发明于殷商，西周多用此法，春秋时期仍有使用。有的一个井群多达48个。

（2）方框支柱开采。是借鉴了竖井和平巷的支护经验而总结出来的，后发展并用于采矿场的地压管理。又可区分为五种开采法：

单框竖分条开采。由地表下掘一个或数个井筒，边掘边采，至一定深度后，再开挖平巷。为追富矿，可再下盲井，于一定部位扩帮，形成单框（单采幅）竖分条。

单层小方框开采。与前法相似，特点是在井底开挖平巷或斜巷，以追踪富矿，并边掘、边采、边支护。

链式方框支柱法。由前两法发展而来，直接由竖井四壁扩帮。它扩大了开采空间，使一条井的回采工作面大为增加。为有效地支护空区，其将框式支架作系统架设，因在同一水平面上，框架相联的形式很像链板，故谓链式支柱法。

倾斜分层单框链式支柱法。此乃前法之变异，是为适应矿脉产状多变而出现的。

方框支柱填充法。特点是：在使用方框支柱的同时，并填充采场、维护采区，回采工作是在等于方框容积大小的分间内进行的，采出矿后立即架设方框。采完一个分层，向上采另一个分层时，就把采下的废石（夹石等）和低品位矿石填充入底层。

（3）护壁小空场法。特点是无须人工支护。主要用于开采呈水平产状的孔雀石矿脉，其矿脉的直接顶板为褐铁矿，一般都较稳固。采场高度达1.8～2.4米。空场面积达20～30米^2。古矿区内曾发现两个类似的采场，其分别用木板或圆木做成护壁。

（4）横撑支架开采场。由地表下掘竖井，井筒穿过节理裂隙发育的铁帽，进入铜矿石富集的氧化带内，由井底向四周扩大，上采超过了一定高度后，就架设一种横撑支架，以支撑空区，并在支架上构筑人工落矿平台。

3. 麻阳开采法。

麻阳战国矿场中采用过一个房柱法，这是很值得注意的。操作要点是：在开

采过程中，留下一些矿隔墙、矿柱，以作支护。考古发掘时人们看到，麻阳一些跨度较大的采空区内，留有粗大的“I”字形矿柱或隔墙，而在跨度较大的相邻矿柱间又辅以木支柱，以防止矿井顶板因压力过大而下塌[24]。

（三）关于火爆法在铜矿开采过程中的使用

火爆法在我国约始于新石器时代的采石作业，战国时期，人们又把它用到了采铜和水利开凿中。人们在考察湖南麻阳战国铜矿遗址时发现，部分战国古矿的顶部或侧壁有大面积的烟熏痕迹，人们推测它是火爆法留下的痕迹，这是我国火爆法使用于铜矿开采的最早例证。《华阳国志·蜀志》卷三载：李冰在修理河道时，若遇坚石，“不可凿，乃积薪烧之”。对坚石灼烧，有时再泼水激冷，岩石便会爆裂开来。这是我国关于火爆法的较早记载。

（四）矿石之提升

依井筒深度和开拓系统之不同，约有两种方式：

1. 铜岭型

铜岭遗址已发现多种形式的提升方法：（1）木滑车提升。出土于商代采矿区。（2）装有定滑轮的人工提升。（3）西周时期可能还采用了桔槔提升。有关情况本章“机械”节再谈。

2. 铜绿山型[29]

（1）一段提升，包括人力和机械两种方式。前者用于浅井，西周使用较多，其井深多为20～30米；后者用于深井，战国、西汉使用较多，其机械是一种带制动轮的木辘轳，并配有木勾、绳索和平衡石。有关木辘轳的详细情况将在本章“机械”节介绍。

（2）分段提升。用于分段开采，主要见于春秋之后。因盲井把矿体划分成了20～30米一个分段，各中段同时进行回采作业，提升工作必须分中段进行。

（3）联合提升。即一段提升和分段提升同时使用。这是适应于多井筒、多中段提升而形成的复杂提升系统。

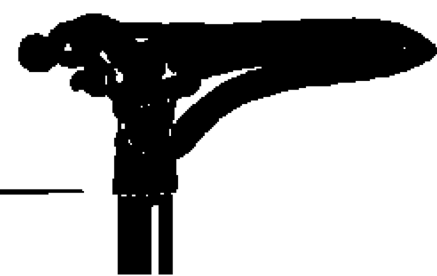
（五）矿井通风

古代矿井主要依靠自然通风。商至春秋时期，井多、巷短，自然通风比较容易。战国、西汉时期，虽井深近百米，但使用了多中段开采，且井巷相连，几乎没有独头巷道，人们可通过开拓工程的合理布局来实现自然通风。

在此有一点值得注意的是：铜绿山有的井底遗留有20～30厘米厚的竹柴燃烧灰烬及残留的竹篦，有学者认为这可能是一种辅助性通风法。井底燃烧竹篦后，空气变热而形成负压，新鲜空气由其他井筒前来补充，便会形成对流。在地表空气相对滞流的季节，这还是有一定作用的。

（六）矿井排水

铜绿山人对地下水的治理方法有二：一是排水。在井底设有水仓，水仓上部马头门处（竖井和平巷连接处）有大断面的集水木槽，平巷底板敷设（或悬挂在支架的顶梁上）木质水沟和渡槽，把井内涌出的地下水汇集于水仓中，然后用木桶提升到坑外。二是堵水。即可使用方框支柱充填法开采，经充填的采场涌水量会显著减少，也可用坑木和粘土封闭涌水的巷道。在开采深度不大时，此两种堵



水法都能收到良好的效果。

三、关于商周铜料的来源

这是个一直受到人们关注的问题，原因主要有二：（1）20世纪70年代以前，部分学者存在这样一个疑问，我国商周青铜文化的中心是今河南、陕西一带，而这些地方一直未见大型铜矿，更少看到锡矿，那么，青铜器的原料又来自何方？（2）20世纪80年代后，有学者依据铅同素比值的测量情况，提出了部分殷墟青铜器的原料来自云南东川的观点，但不少人对此存有疑虑。从现有资料看，我们认为：（1）商周青铜器的原料应主要来自南方，但中原和北方也有一部分地区开采；（2）说殷墟部分青铜器的原料来自云南，当有一定道理，但须进一步研究和证实。

前面谈到，中原文化区在先秦时期约开采了5个规模较大的铜矿，即内蒙林西大井、湖北大冶铜绿山、皖南、江西瑞昌铜岭、湖南麻阳铜矿，其中4个是处于长江以南的，只有林西大井采冶场地处北方。而早在商代中、晚期，商王朝的势力范围便已东及今山东中部，南及长江流域，西及陕西西部，北及今河北北部一带，这4个地方，大体上都是商王朝可以触及的范围。在东方，山东益都苏埠屯曾发现两座商代晚期大墓、两座中型墓和一个车马坑，出土了许多珍贵器物，其1号大墓出土了两件大型铜钺，一件长31.8厘米、宽35.7厘米，另一件长32.5厘米、宽34.5厘米，皆是十分罕见的精品；2号大墓出土一件大铜戈，长达41厘米。一件铜钺的两面皆有“亚醜”铭，是商代氏族的族徽，墓主人应是方伯一类人物[34]。湖北黄陂盘龙城发现一座商代中期的方国城址，说明它是商代南方的重要城邑[35][36]。尤其值得注意的是，湖南的石门、宁乡、桃源、长沙，以至常宁都多次发现商代青铜器[37]，著名的四羊方尊便是宁乡出土的。江西吴城还出土过商代中期的大量石范和部分青铜器[38][39]。由这些情况看，商周时代开采上述一些大型铜矿、并利用其冶炼产品，是完全可能的。文献上也有类似的记载，《诗·商颂·殷武》在祭祀殷高宗武丁时说：“挞彼殷武，奋伐荆楚，罙入其阻，裒荆之旅。”这是说殷武丁征伐荆楚的情况。《诗·鲁颂·泮水》在颂僖公修泮宫克淮夷时说：“憬彼淮夷，来献其琛；元龟象齿，大赂南金。”僖公，这是先秦三传之称谓，《史记》作釐公。鲁釐公，春秋中期人，公元前659～前627年在位。淮夷，原指淮河流域的古老氏族。南，郑氏谓之荆扬。故此“大赂南金”应是淮夷降服后，南方皆大献其铜之意。《考工记》云：“吴、粤之金锡，此材之美者也。”又前引《禹贡》云：荆、扬二州，厥贡唯金三品。可见古代文献中说到南方产铜，向中原贡铜的资料是较多的；而关于其他地方产铜、向中原进贡铜的记载则较少，所以先秦时期，主要产铜地应在南方，即长江中下游。

当然，黄河流域在先秦时期也是产过铜的，据《山海经》云：处于今山西境内的悬雍（悬瓮）山（在今太原）、少山（在今昔阳）、白马山（在今阳泉）、鼓镫山（在今垣曲）、诿山（在今吕梁）都曾有铜，槐山（在今闻喜）有锡；今河南的太行山（在今辉县）、柄山（在今宜阳、洛宁、卢氏三县境）有铜；今陕西的符禺山（在今渭南）、石脆山（在今华县）、松果山（在今华阴）、阳华山（在今华阴）、盂山（在今靖边）、踰次山（在今长安）、蛊尾山（在今洛南）也有铜[40]。一般认为，《山海经》大体上反映了战国及稍前的一些山川、资源等状况。

所以商周时代曾在黄河流域进行过小规模铜矿采冶是完全可能的。到了唐代，山西还是全国重要产铜基地之一。

至于殷墟青铜器是否直接或间接地从云南得到过铜料，从铅同位素的现有测定情况看，可能性应当是存在的，但须进一步研究和证实。因为：（1）铅同位素在地质条件下的分布是不均匀的。今日检测过并以之作为对比的标样，只是全国所知含铅矿床中的很小一部分[41]，所以有关标准数据须进一步集累。（2）从现有考古资料看，云南年代最早的铜器当见于龙陵县大花石遗址和剑川海门口遗址，而不是东川遗址。前者发掘于1992年，出土有铜器残片、石范、炼渣等物，经^{14}C年代测定，约公元前1335±160年[42]。海门口出土铜器计14件，种类包括斧、钺、刀、镰、锥、凿、鱼钩等[43]，断代为公元前1165±90年[44]，树轮校正为公元前1335±155年。此两个遗址的年代皆与商代中晚期相当[45]。在此有两点值得注意：一是东川一带目前尚未看到年代较早的采冶遗址；二是除了大花石和海门口外，目前云南考古发掘的青铜器，一般都是属春秋战国之后的[45][46][47]。（3）从文献记载看，云南与内地的联系应始于战国时期。《史记·西南夷列传》："始，楚威王时，使将军庄蹻将兵循江上，略巴蜀、黔中以西。庄蹻者，故楚庄王苗裔也。蹻至滇池，方三百里。旁平地，肥饶数千里，以兵威定属楚。"《汉书·西南夷列传》同此。楚庄王系战国中后期人，公元前613~前591年在位。所以我们认为，说部分殷墟青铜器原料来自云南东川之事虽有一定道理，但目前尚不能最后定论，可以进一步研究。

四、对矿物"共生"关系的认识和找矿方法

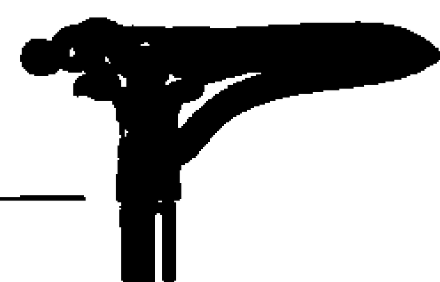
人类对矿物"共生"关系的认识应当是较早的，而且有关记载也较早。《管子·地数》篇说：黄帝问于伯高，"伯高对曰：上有丹沙者下有黄金，上有慈石者下有铜金，上有陵石者下有铅锡赤铜，上有赭者下有铁，此山之见荣者也"。同书同卷又载桓公问管子地利之所在，管子除重述了伯高的一些观点外，还说过"上有铅者其下有银"[48]。又，唐张守节《史记正义》在注释"货殖传"的"铜铁则千里往往山出棊置"时，亦曾引用过《管子》一书，除重复前述一些提法外，还提到过"山上有银，其下有丹"。但此说不见于今本《管子》。

这三段记载的文字虽互有出入，但多数还是一致的，总体上谈到了七种金属，即金、银、铜、铁、铅、锡、汞[49]的六种"共生"关系。这说明早在先秦时期，人们在矿物的相互关系和找矿问题上已积累了相当的经验。

为了解这些记载的科学价值，人们结合现代矿床学进行了许多研究，认为上述六种关系应包括三种不同情况：（1）垂直的矿体或一条矿脉，山上露头中出现的某种矿物，可能对下层的主要矿物起到指示作用。（2）山上出现的某种矿物，与山下的某种矿物分别产于不同的地层或岩石中，既不同于一个矿体，在成因上又无明显关系，仅是个空间上的相对关系。（3）山上赋存有某种原生矿床，山下出现另一种砂矿，这是一种上与下的相对关系。所以，此所谓"共生关系"，与通常意义的"矿物共生"在内涵上是有区别的[50]。

下面介绍一下这六种不同的情况：

1. 上有赭者下有铁。这实际上是关于铁矿及其露头的一种描述。此"赭"指



红色土状的赤铁矿及其风化产物。今河北、河南的邯邢式铁矿和湖北鄂州的大冶式铁矿，多以赤铁矿型为主，有的也以赤铁矿磁铁矿型和磁铁矿赤铁矿型为主，与“上有赭者下有铁”的规律基本相符。部分鞍山式铁矿，如河南舞阳铁山庙铁矿，山顶一片鲜红，适与此规律相符。

2. 上有慈石者下有铜金。这是对铁铜矿的一种认识。此“慈”即磁的假借字；“铜金”，《路史》作“赤铜青金”[48]。经调查，大冶铜绿山铁铜矿床即属这一类型。它的重要特征之一是具有垂直矿化分带性，有铁在上、铜在下的趋势，即由铁铜矿渐变成了铜铁矿床[28]。

3. 上有陵石者下有铅锡赤铜。这应是对铅矿、锡矿、铜矿的一种认识。此陵石是何种矿物，今已难考，《太平御览》引“陵石”为“绿石”[48]，即孔雀石一类。若依此说，这段记载显然是成立的。这样，我们便可将上述文字改一下，并可区别三种情况来分别讨论：(1)“上有绿石者下有铅”，这适用于以铅为主的铅锌铜多金属矿床，如华山铅矿。(2)“上有绿石者下有锡”，这与许多锡矿都相适应，因许多锡矿的主要矿物成分，除锡外，都含有黄铜矿和其他金属矿物，这类锡矿床的氧化带中经常存在孔雀石。(3)“上有绿石者下有赤铜”，此更为众所周知，倪慎枢《采铜炼铜记》云：铜矿“充于中而见乎外……谛观山崖石穴之间，有碧如缕或如带，即知其为苗”，所云便是同一现象。

4. 上有铅者其下有银。此“铅”当主要指方铅矿，“银”似指自然银。自然银主要是次生的，赋存于铅银（或银铅）矿床上部的氧化带中。辉银矿有次生的，也有原生的，原生时常与方铅矿共生。方铅矿虽亦见于氧化带中，但却都是原生的，主要赋存于矿床的原生带中，一般为组成铅银矿体的主要矿物成分。所以许多自然银、辉银矿和方铅矿的赋存状态，都与“上有铅者其下有银”之说相对应。

5. 上有丹沙者下有黄金。这句话可以从两方面来解释。对原生脉金矿来说，它是没有任何实际意义的，因在汞和金的原生矿脉中，丹沙和自然金一般不存在共生的关系。而对于赋存汞和金的地层来说，在某个特定的地区内，它又是可以成立的，如川湘黔汞矿的成矿区，汞矿主要赋存于寒武纪地层，脉金则主要赋存于震旦纪的板溪群地层内。

6. 山上有银，其下有丹。这是说银矿和汞矿的关系。一般而言，和辰砂共生的矿物是很少含银的，虽有少数，如万山类型的汞矿含有微量的银[49]，但这很难为古人觉察。有一种可能是，银在上汞在下，仅仅是两种矿物赋予地质年代不同的上下两个地层，而不是一条矿脉的上下垂直分带关系。例如，《新唐书》卷四〇“地理志”云：凤州梁泉（今陕西凤县）有银有铁，兴州（今陕西略阳县）土贡蜡漆丹砂。《宋史》卷一八五“食货·坑冶”云：“银产凤、建、桂阳三州，有三监”，“水银产秦、阶、商、凤四州，有四场”。经查，凤县铅锌铜矿带的矿化范围达几十平方公里，附近有花岗闪长斑岩，含矿层为石炭二叠纪灰岩。金属矿以方铅矿、闪锌矿和辉铜矿为主。依此，唐代“有银”的凤州梁泉，可能就在这个矿化带内；而凤县、略阳一带的汞矿却是产于泥盆纪地层内的，它位于出产铅锌矿的石炭二叠纪灰岩之下，这是两个地质年代。其他地方也有类似的成矿现象。所以，对于陕南等地的现象而言，此第六条具有一定的实际意义。

这是《管子》所载七种金属的六种“共生”关系[50]。其中第一条云“上有赭者下有铁”，其中的“赭”，实际上是铁矿的露头，故这条文献的适用范围，是较广的。第四条说“上有铅者其下有银“，大体上是一种共生关系，故其适用范围也是较广的。这些经验显然是在长期找矿实践中总结出来的，反过来又可指导人们的找矿实践。先秦时期，我国已大量冶炼和使用了前述七种金属，与此当是密切相关的。

古人找矿之法，大约是依上述等经验，先辨认矿脉，之后再采出淘洗，并确定其是否具有开采价值。同治丁卯（1867 年）《大冶县志》载:“铜绿山……山顶高平，巨石对峙，每骤雨过时，有铜绿如雪花小豆，点缀土石之上。”此“雪花小豆”状的铜绿便成了人们寻找矿脉的重要标志。铜绿山古矿遗址内发现过四五件船形、元宝形木斗，以整木挖成，两端伸出平板，并斜向上翘，中间为一方形圆仓。全长 35.2 厘米、宽 14.0 厘米、高 7.0 厘米，“仓”内空长 20.0 厘米、宽 12.5 厘米、深 3.0 厘米（图 2-1-3）[20]。据考订，它实际上是一种淘金斗，一种利用岩石和矿物的比重差来洗选矿物的摇床，是用来鉴定、选择和跟踪富矿的。类似的选矿法早已出现。铜岭商代采址发现过 4 件淘沙木盘；西周采址发现过淘沙木盘和竹盘各 1 件，此外还在 T5、T8 内发现有淘沙木溜槽、尾沙池、滤水台等；春秋采址发现淘沙木盘 2 件。西周溜槽以大树干刳成，横断面呈弧形槽面，槽长 3.43 米、净宽 34～42 厘米，横流面倾角为 6°（图 2-1-4）。有学者还做了模拟试验，并获得了良好的选矿效果[32]。

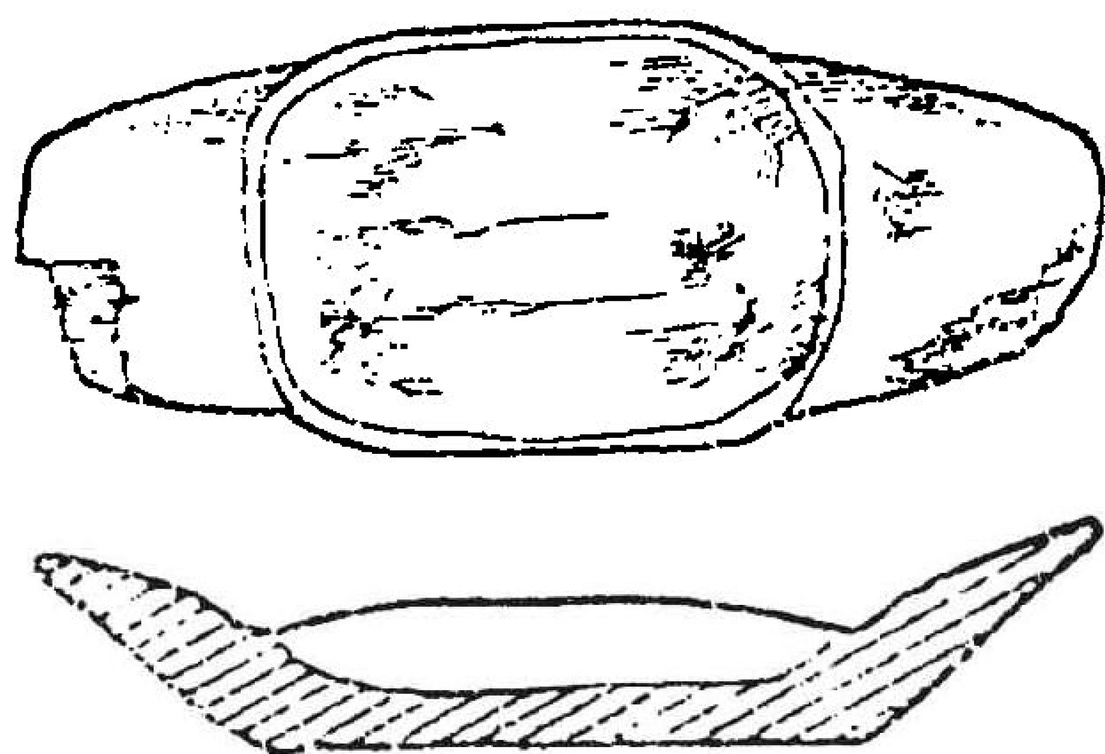


图 2-1-3　铜绿山春秋淘沙船形木斗
采自文献[20]第 7 页

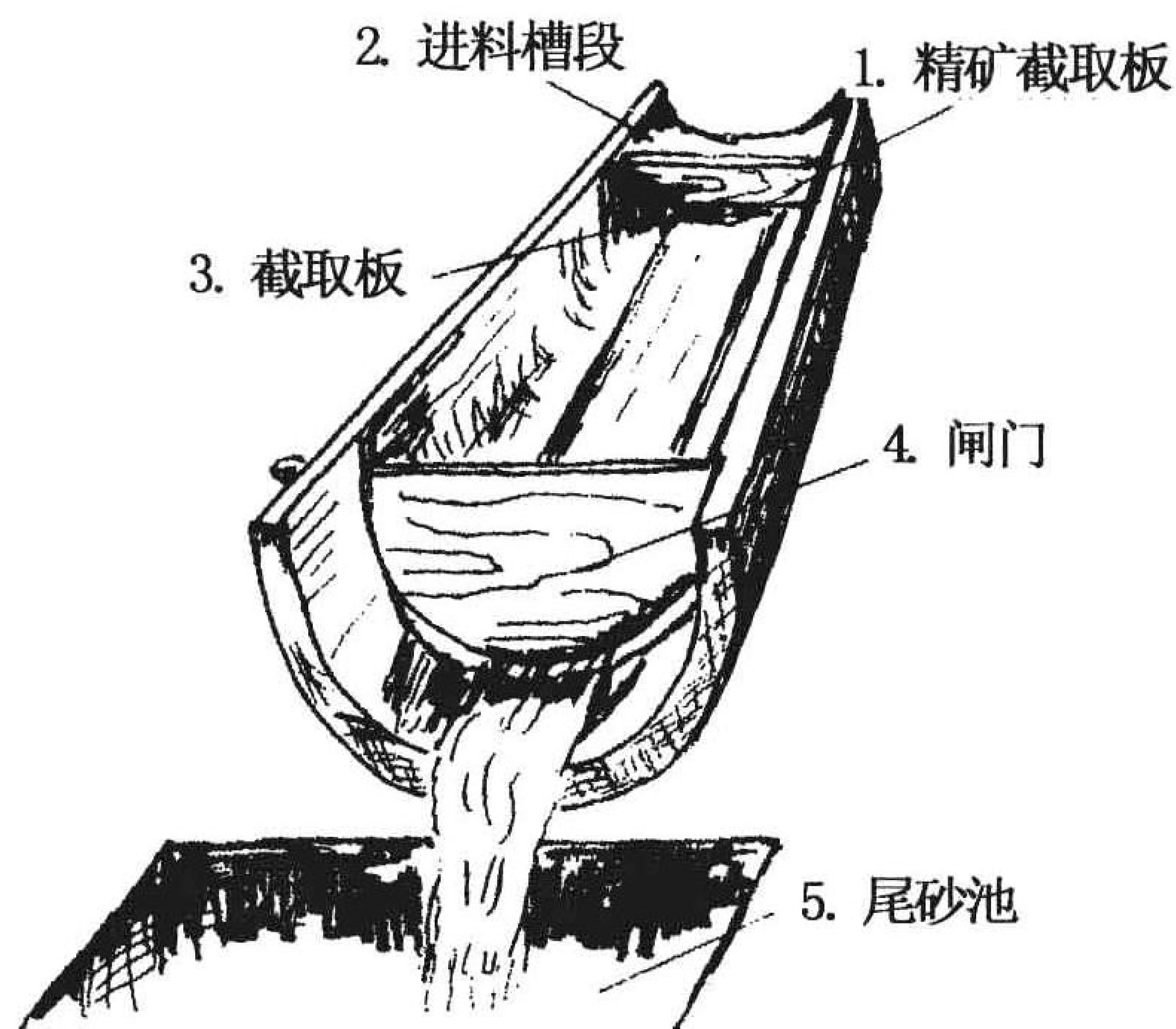
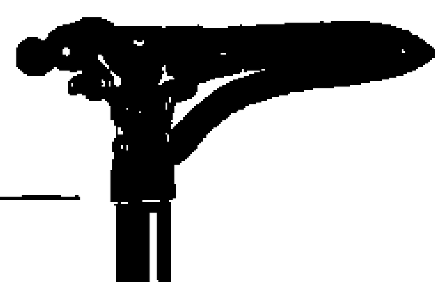


图 2-1-4　江西铜岭西周木溜槽结构示意图
采自文献[32]卢本珊等文第 123 页

五、丹砂之开采和利用

我国古代对丹砂的开采和利用约可上推到仰韶文化晚期，秦安大地湾仰韶文化晚期一些彩陶曾用它作过红彩[51]。二里头至二里岗时期，使用量大为增加，且多用于殓棺或保存器物，目前见于报道的有：

二里头二期墓 M22 铜铃出土时，外表涂有丹砂痕迹[52]。



1967 年，偃师二里头早商宫殿遗址附近出土一批玉器，出土时全被裹于丹砂中，原距地表约 2 米余[52]。

1973 年，二里头遗址第三工作区发现两个长方形坑，坑底存有大量丹砂；其中一坑的丹砂铺层为长 2.4 米、宽 1.5 米、厚 1.5 ~5 厘米。丹砂层里有玉柄饰等物，丹砂是铺于席子上的，属二里头文化三期[52]。

1980 年，二里头三区、五区、六区计发掘9 座墓葬，前两区的3 座较大，墓底皆有丹砂。三区墓 M2 棺内丹砂范围是：长 2.1 米、宽 0.9 米，最厚处为 6 厘米；在墓底南部有一腰坑，坑东及北壁亦布满丹砂。三区 4 号墓底部丹砂厚达 1 ~2 厘米。五区 3 号墓底部丹砂厚约 2 ~3 厘米。六区计有 6 座墓，底部多数亦铺丹砂[53]。

1984 年，二里头发掘 6 座墓葬，墓底多铺丹砂[54]。

1987 年，二里头发掘的中型墓 M57 墓底铺有 2 ~3 厘米的丹砂[55]。

这是二里头遗址的情况。

1952 ~1955 年，郑州商代城外的二里岗、南关外、白家庄、花园路、人民公园、铭功路西侧等地，清理了大量遗址和墓葬。在当时清理的 5 座二里岗下层墓葬中，有 3 座的墓底铺有丹砂；在 25 座清理过的二里岗上层墓葬中，有 5 座底部铺有丹砂[56]。

1982 年，郑州北发掘 3 座商代铜器墓，其中的 1 号和 2 号墓底部都铺有厚 1 厘米的丹砂[57]。

西周之后，有关丹砂的记载开始出现，并逐渐增加。《逸周书・王会解》载：“成周之会……方人以孔鸟、卜人以丹沙”献之。这说周成王在成周大会诸侯，南方的卜人（濮人）以“丹沙”作为贡品。成周，指西周初年营建的洛邑，最新研究认为，其具体位置当在洛水北瀍河两岸，西达涧水之东[58]。《穆天子传》卷三说周穆王曾以“朱丹七十裹”送礼，可见数量之大。《诗・秦风・终南》篇：“君子至止，锦衣狐裘；颜如渥丹，其君也哉。”此用丹来表示美好的颜色。《吕氏春秋》卷二“仲春”载：“越人三世杀其君，王子搜患之，逃乎丹穴。越国无君……越人薰之以艾”，王子搜始出。这说明此丹穴较深，开采规模也是较大的。此“王子搜”，《淮南子》说为越王翳，汉高诱认为是另一人[59]，待考。

看来，丹砂的早期用途主要是殓尸和作色，随后才发展到炼汞的阶段。

六、煤炭的开采和利用

人们接触和开采煤炭的时间约可上推到新石器时代晚期。西周时期，煤雕技术有了进一步发展，目前见于考古发掘的煤雕制品较多，仅陕西便有 4 处西周古墓出土了此类器物。

1956 ~1957 年，沣西张家坡西周墓出土炭精雕刻的圆环 6 件，直径 4.0 厘米，边宽 1.1 厘米，色黑[60]。

1976 年，宝鸡竹圆沟西周小墓出土过几件煤雕的玦。宝鸡另一西周墓也出土过类似的器物[61]。

如前所云，1975 年宝鸡市茹家庄两座西周墓出土的 200 多枚煤雕玦，大小不一，直径 2 ~10 厘米，厚 0.4 ~1.0 厘米，圆轮规整，从里向外呈一定坡度，边厚 0.2 ~0.3 厘米[23]，至今光亮圆润。

与新乐时期相比较，西周煤雕制品加工更为细致，造型亦更为美观，这表明煤雕技术已渐成熟。如此大量煤玉制品的出现，也说明西周时期煤炭开采技术已经达到较高水平。

战国时期，煤炭开采和利用技术又有了一定的发展，这主要表现在两方面：一是煤雕技术继续发展，二是文献上出现了关于煤的记载。

1977 年，四川荥经县战国晚期墓出土两枚炭精发簪，其呈八棱柱状，两端粗，中部细，长 7.8 厘米，端径 1.1 厘米[62]。

我国古代关于煤炭的记载始见于《山海经》一书。其谓煤为“石涅”，并先后出现过三次，即“西山经”一次，云“女床之山，其阳多赤铜，其阴多石涅”；“中山经”两次，云“岷山之首，曰女儿之山，其上多石涅”，又云“又东一百五十里，曰风雨之山，其上多白金，其下多石涅”。据考，此石涅即是煤。

这又有两方面的证明：

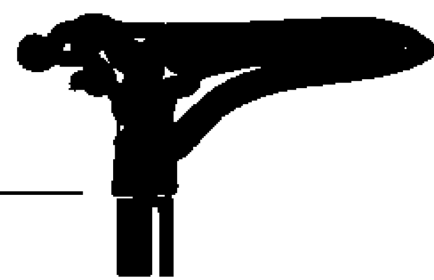
一是地质资料。据考，《山海经》所云女床之山、女儿之山、风雨之山，确实是产煤的。《山海经·西山经》毕沅注云，女床之山“其道里或凤翔府岐山县岐山也”。《文选》张平子《东京赋》有“鸣女床之鸾鸟”一语，唐李善注云：“女床，山名，在华阴西六百里”，与岐山亦大体相符。而岐山以北有煤，赋存有低等变质程度的烟煤。《山海经·中山经》毕沅注“女儿之山”云：“山在今四川双流县”；并认为女儿山即《隋书·地理志》所云蜀郡双流女伎山，纪、伎、儿三音同。而在今四川双流和什邡煤田分布区域内，其中蕴藏有高等变质程度的烟煤。据考证：风雨之山当在今四川通江和南江、巴中一带，该处也是产煤之所。所以，《山海经》所云女床之山、女儿之山、风雨之山产煤是不错的。

二是文字上的考证。“涅”古音可读为“密”，与“墨”为双音，郝懿行《尔雅义疏释乐第七》“大管”条引舍人云：“（管）中者，声精密，故曰篞。篞，密也。”今山东方言，“墨”仍读“密”音。故涅、墨可以通转[63]。而“石墨”又是煤的古称。李时珍《本草纲目》卷九“金石·石炭”云：“石炭……上古以书字，谓之石墨，今俗呼为煤炭。煤、墨，音相近也。”今人章鸿钊《石雅》卷中亦考证“石涅”为煤。

我国古代用煤作燃料的起始年代今已难考。《墨子·备穴篇》云：“百十每，其重四十斤，然炭杜之，满炉而盖之。”有学者认为，其中的“每”字当即“煤”字。此论是否成立，今日尚难定论，可以进一步研究。但煤玉的开采和利用，无疑会增进人们对煤炭性能的认识和了解。至迟汉代，日常生活和手工业生产都较多地使用起煤来了。

七、食盐的开采和利用

考古界对我国制盐技术的发展一直较为关注，但由于多种原因，直到 20 世纪末至 21 世纪初，盐业考古才获得了一些进展，所获资料主要涉及到井盐和海盐开采，其年代上限皆可推至商代晚期。从文献记载看，有周一代，采盐业便普遍发展起来，此时食盐已成了人们生活的必需品，国家设立了专门的管理机构，盐的使用也形成了一套礼制和规范。



（一）关于井盐的开采

前面谈到，1997 年后渝东地区发现和发掘了多处先秦盐业遗址，其中有重庆忠县哨棚嘴遗址、瓦渣地遗址、邓家沱遗址、羊子岩（中坝）遗址、李园遗址等，其年代相当于商代晚期到秦代[64]。大约商代晚期之后，渝东，或说重庆地区的盐卤开采和利用技术都有了较大发展。当时所采可能主要是见于地表的泉卤。承自贡市盐业史博物馆刘德林函告云，该馆学者 20 世纪 80 年代作川东考察时，便提出过渝东的盐卤（主要是泉卤）开采应早于川西的想法。今有学者进一步提出：不管泉卤还是井卤，大凡渝东都早于川西的[65]。

有关记载认为，早在西周早期，巴国便向周王朝进贡了食盐。《华阳国志》卷一“巴志”载:“武王伐纣，实得巴蜀之师。”巴国“土植五谷，牲具六畜，桑蚕麻纻，鱼盐铜铁丹漆……皆纳贡之”。这可与前述考古资料互相印证。战国中期，即秦统一巴蜀后，成都便设立了盐铁市官。《华阳国志》卷三“蜀志”载:“（周赧王）五年，（秦）惠王二十七年，（张）仪与（张）若城成都……置盐铁市官并长丞，修整里阓，市张列肆，与咸阳同制……惠王二十七年也。”可知战国中期，蜀地的盐铁业已相当发达。这些盐当不能排除泉卤及至井卤的可能性。文献上关于开采井卤的明确记载属于战国末年。《华阳国志》卷三“蜀志”载:“周灭后，秦孝文王（?）以李冰为蜀守，冰能知天文地理……又识齐水脉，穿广都（今四川双流县境）盐井、诸陂池，蜀于是盛有养生之饶焉”[66]。这是关于我国凿井采卤的最早记载。齐，同剂；调剂、配合、混合意，与《考工记》“六齐”之“齐”相类。齐水，即是混合了咸卤与淡水者，也即是卤水。我国是世界上较早开采和利用盐卤的国家之一，在世界井盐开发史上占有重要的地位[67]。

在此有一点需指出的是：前引《华阳国志》的三条文献中，后两条的年代都有一些问题：（1）经查，赧王五年是秦武王元年，而不是惠王二十七年；赧王四年才是惠王二十七年。这应是原作者弄错了。故张若开始在蜀置盐铁市官的年代，应订正为赧王四年，即公元前 311 年[68]。（2）李冰并非孝文王之蜀守，而是秦昭王时蜀守。《史记·秦本纪》云:“孝文王除丧，十月己亥即位，三日辛丑卒，子庄襄王立。”秦孝文王于公元前 250 年在位，依干支纪日，已亥、庚子、辛丑是连着的，所以其在位前后仅有三天；说李冰为孝文王时蜀守，且开凿了盐卤是难以令人置信的。又，《水经注》卷三三“河水”曾两次提到李冰在秦昭王时为蜀守:“秦昭王以李冰为蜀守”，“《风俗通》曰：‘秦昭王使李冰为蜀守’”。再，《史记》卷二九“河渠书”，唐张守节“正义”亦有类似说法:“《风俗通》云，秦昭王使李冰为蜀守，开成都县两江溉田万顷”。所以由这些情况来看，常璩说孝文王以李冰为蜀守，很可能有误，而东汉应劭等之说则可能是对的，即李冰为昭王时蜀守，秦昭王在位时间为公元前 306 ~前 251 年[68][69]。此《风俗通》是《风俗通义》的简称。

（二）关于海盐的开采

2001 年，山东省寿光市大荒北央发现了一处西周前期（约公元前 1000 ~ 前 900 年）的海盐生产遗址，地层内有一个厚 0.2 ~ 0.5 米的黑色草木灰与灰绿色土，或黑色草木灰与橘黄色土相互叠压的堆积，并见有灰沟、灰坑、白色沉淀物和陶质的圜底盔形器等物。灰坑呈不规则条带状，沟壁内斜，其中一条长 7 米、口径

1～1.6米、深0.8～1.0米，沟底有厚约2厘米的红褐土。灰坑直径约0.5厘米、深0.3～0.4厘米，内壁涂有厚约2厘米的红褐色粘土，质地细腻，近底部有较多的草木灰颗粒。经分析，白色沉淀物主要成分是石英，它应是海卤经处理后而残留下来的难溶物质。陶盔数量较大，多残，口径和器高皆约20厘米，胎厚约2厘米，内壁多附1～3毫米厚的白色或灰绿色凝结物硬层。这种白色凝结物的含盐量在10%左右，明显高于文化层土样含盐量，其主要成分是碳酸钙，应是食盐形成过程中沉淀析出的难溶钙化物[70]。这类陶罐在山东沿海一带许多地方都有出土，早有学者认为它是一种煮盐工具[71]，其年代上限属商代晚期[72]。依此有关学者推测，这些遗物较好地反映了海盐生产的基本流程，并认为当时的海盐生产已采用淋煎法，基本流程是：(1) 摊灰刮卤。先开沟获取卤水，再摊灰刮卤，然后筑坑淋卤。(2) 煎卤成盐。先设灶，再用陶质盔形器煎煮，最后破罐取盐[70]。一般认为，盐的提取法有日晒法、煎煮法等种。《管子·轻重甲》云："今齐有渠展之盐，请君伐菹薪，煮沸火为盐。"载望注："草枯曰菹。"这是我国古代关于煎煮海盐的较早记载，所述较为简单，稍见详细的记载是到了明代才看到的。

（三）关于周代用盐的文字资料

周代用盐已较普遍，这在文献记载和考古资料中都可看到。

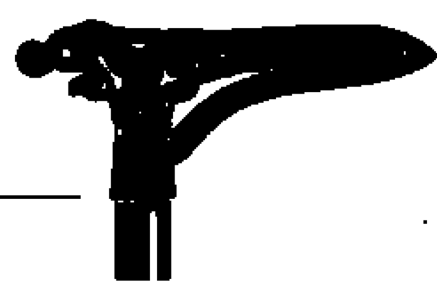
《周礼》"天官"篇载有一个称为"盐人"的职官，主要负责"掌盐之政令，以供百事之盐"。这是关于盐官的较早且较明确记载。同书同篇还谈到了盐的品种、名称和使用制度："祭祀，共其苦盐、散盐；宾客，共其形盐、散盐；王之膳羞共饴盐"。此"苦盐"，即杜子春谓"出盐直用不湅治"者。"散盐"，郑司农称其为"湅治者。""形盐"，郑玄注云："盐之似虎形"者。"饴盐"，郑玄谓"盐之恬者，今戎盐有焉"。贾公彦疏云："饴盐"，"即石盐是也"。

《左传》僖公三十年云："冬，王使周公阅来聘，飨有昌歜，白、黑、形盐。"依孙诒让说，形盐惟飨大宾客，燕食及小宾客并用散盐也[73]。

《管子·地数》篇谈到了日常用盐的情况："十口之家，十口食盐，百口之家，百口食盐。"

食盐的赋存形式主要是海盐、石盐、池盐、井盐四种，先秦时期的开采业都有一定的发展。海盐，前云《禹贡》"青州厥贡"条已经谈到。《管子·轻重甲》篇还谈到了齐地产盐的情况："齐有渠展之盐。"清载望注："渠展，齐地，水所流入海之处。"石盐即前饴盐。池盐之事更散见于《史记》、《山海经》等许多文献，年代较早的应是河东解州等池盐。《史记》卷一二九"货殖列传"云："猗顿，用盬盐起。""集解"引云："《孔丛》曰：猗顿，鲁之穷士也。耕则常饥，桑则常寒，闻朱公富，往而问术焉。"依此，猗顿当为春秋末年人。可见，猗顿在春秋末便以盐致富了。《山海经·北山经》："景山，南望贩盐之泽。"晋郭璞注云："即解县盐池也，今在河东猗氏县。"《盐铁论》卷二二"讼贤"文学云："骐骥之挽盐车，垂头于太行。"一般认为，此上太行的盐车，所载应是河东池盐。

1984年，陕西安康一里坡战国墓出土大量陶器，其中的陶坛和II式罐盖部书写有文字，经考证，应是内装食品的一种标识，其中有的器盖上便标有"盐"字[74]。这说明食盐当时已进入人们的日常生活。



八、“丱”、“礦”考辨

矿（礦），又作鑛，古又假借作“丱”。前面提到，《周礼·地官》有“丱人”，曰：“丱人掌金玉锡石之地”。可见，丱人的职掌范围是金玉锡石之地。这种对“丱”的认识，大体上与现代广义之“矿”相近。

但此“丱”的原义是什么，很早便存在不同看法。一种观点认为：“丱”的本义是卵，是“未出生”、“未突破”之义，后转义为“未曾开采”；它并不是“矿”的古体或异体；《周礼》“丱人”之为“矿”，仅仅是一个假借字。另一观点认为：“丱”即是“矿”之古文。现先将两种观点简述如下，再谈一下我的看法。

持前一观点的代表人物是清段玉裁，依段氏所说，汉许慎、郑玄，宋郭忠恕等也是持同一观点的。但许慎、郑玄等人的原话今已很难看到，我们今日看到的，主要是段玉裁的引述。

《说文解字注》云：“丱，古文卵。”这句话应是许氏原文，但段注云：“各本无，今依《五经文字》、《九经字样》补。《五经文字》曰：‘丱，古患反，见《诗·风》，《字林》不见。又古猛反，见《周礼》。《说文》以为古卵字……是唐本《说文》有此无疑’”。此《五经文字》为唐人张参所撰，《九经字样》为唐人唐玄度所撰，即依段玉裁之说，直到唐代，许慎《说文解字》中还有“丱，古文卵”的话，其依据是唐人所撰《五经文字》和《九经字样》。

段玉裁又注云：“《汗简》以丱为古文卵字。”此《汗简》为宋郭忠恕所撰。

段“注”接着又说：“《周礼》有丱人，郑曰：‘丱之言矿也，金玉未成器曰丱’。此谓金玉锡石之朴韫于地中，而精神见于外，如卵之在腹中也。凡汉注云之言者，皆谓其转注，叚借之用。以矿释丱，未尝曰丱古文矿，亦未尝曰丱读为矿也。”依段玉裁之意，郑玄也是认为“丱”意为卵的。

对于部分学者将“丱”说成矿的古文，段玉裁是十分反感的，他说：“而后有妄人敢于《说文》矿篆后益之曰：‘丱，古文矿’。《周礼》有丱人，则不得不敢于卵篆后径删‘丱，古文卵。’是犹改兰台桼书以合其私，其诬经诬许，率天下而昧于六书，不当膺析言破律，乱名改作之诛哉。”段玉裁的态度十分明确，甚至有些愤慨。只可惜在他引述的资料中，不但汉许慎、郑玄，就连唐代张参、唐玄度的原话，在今存版本中都已很难看到。

将“丱”解释成古“矿”的做法也较早便已出现。段氏在《说文解字注》“丱”字条接着又说：“自刘昌宗、徐仙民读侯猛、虢猛反，谓即矿字，遂失注意。”又，宋王观国《学林》卷十“丱”条载：“礦亦作矿，丱亦作金丱，则丱者，古文矿字也。”[75]及清，又不断地有人重复这一观点。杨沂孙（1812～1881年）《说文解字段注读》（稿本，无刻本）云：“丱者，并二卜为文，卜本炙黾（龟）之斥裂文。二卜为丱，亦象裂文，开矿则山地坼裂。”又，章太炎《文始》卷五：“丱，盖象矿脉纵横，犹卜象黾裂纵横，此初文纯象形也。”今版《辞源》、《辞海》亦谓“丱”为“矿”之古体。20世纪80年代以后，此观点更为流行，而且很少看到过不同的意见。今人夏湘蓉等在《中国古代矿业开发史》一书中，则又进一步把‘丱’字解释成了矿井，云：“这个古‘丱’字的中间两竖可以认为是表示巷道的两壁，左右两横表示巷首的支护。今天，对照铜绿山古坑道遗迹来看，这个古代象

形文字的结构，很耐人寻味。”[76]有的文章甚至说：“早在公元前 8 世纪春秋时代，我国就已有记载‘矿’的字符‘卝’。中华民族文化史上，一切与矿有关的词都发端于此。丱、⿰石卝、⿰石丱、⿰金丱、⿰金非、⿰金非、磺、礦、鑛都是由‘卝’衍生而来的异化字，它们已有‘矿物’的初级含义。”[77]

两种观点，孰是孰非，是需认真考辨的。我比较倾向于段氏之说，“卝”既不是矿的古体，亦非矿井的象形字；若要否定段氏观点，必需从陶文、甲骨文、金文中找到更多的资料，否则便是很难使人信服的。段氏从正面作了一些说明，我今再作一点补充和推论。

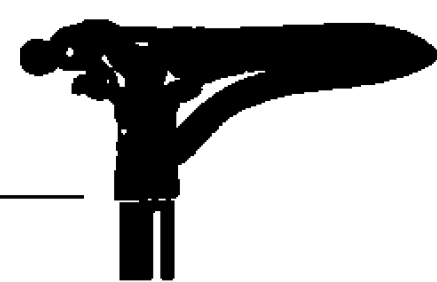
经查，今本《说文解字》并无“礦”、“鑛”二字，与之相近者只有一个“磺”字：“磺，铜铁朴石也。”段玉裁注云：“铜铁朴者，在石与铜铁之閒(间)，可为铜铁而未成者也。”即是说：铜铁朴谓之磺；即在汉代，代表铜铁矿的是“磺”字。这个“磺”字是否还代表其他矿，则不得而知。

又，《说文解字》称汞矿为丹：“丹，冃，巴越之赤石也。象采丹井，丶，象丹形。”依许慎之意，丹便是采丹井的象形文字。今人温少峰等认为：“丹字甲骨文作冃，像矿井中有丹之形。”其引述许慎之话后认为：“丹字正是掘矿井采矿石之象形表意字，应是矿字之初文。”“丹字初文是采矿之井，又是矿井中之矿石。”[78]看来，在甲骨文时代，及至汉代，汞矿皆谓之丹，或者说，丹是汞矿。

由此我们可得到两点推论：(1) 在汉代及其之前，人们对各种矿物的共性尚未形成统一的认识，亦未产生出一个与今义之“矿”相当的、高度概括的字。虽有“磺”字，但仅指铜铁矿言；虽有“丹”字，但仅指汞矿。它们是否包含有更为广泛的含义，亦是不得而知。(2) 如若“卝”字便是古文矿的话，为何许慎和郑玄不直接说明，还要说它是古文卵呢？

在今见字书中，“礦”、“鑛”二字皆始见于《玉篇》。《宋本玉篇》“石部第三百五十一”载：“磺，铜铁朴也。”接着又说：“礦，同上。”即是说，从“石”之“磺”和“礦”都是铜铁朴。同书“金部第二百六十九”载：“鑛，鑛铁也。”即是说，此从“金”之“鑛”仅指铁朴言。此书为梁顾野王原著，后虽经唐孙强、宋陈彭年等增补，但此两个字，很可能还是顾野王所选。因“礦”还见于当时的其他一些文献。晋郭璞《江赋》曰：“其下则金礦丹砾，云精烛银。”[79]“云精”，云母矿；烛银，说银有精光如烛。《水经注》：“倚亳川水出北山礦谷。”在此值得我们注意的是：(1) 在晋代之后，便有了磺、礦、鑛这样三个表示“矿”的字。(2) 但这三个字当时是否通用，则是不得而知的。仅从《玉篇》的解释来看，它们的含义并非完全相同，“磺”、“礦”似乎代表铜铁朴，而“鑛”则只代表铁朴。(3)《玉篇》的“礦”、“鑛”二字下，皆未提及“卝”字系它们的古体；《说文解字》和《玉篇》都是我国古代较为重要的字书，若“卝”为礦之古体，为何不直接指出呢？这是不好理解的。

总之，从现有资料看，要将“卝”说成是矿的古体，或矿井的象形，论据还是不足的。⿰石卝等与“卝”字的关系，自然十分明显；但若要证明磺、礦、鑛都是“卝”的异化字，都由“卝”字而来，则要再作一些研究。



第二节　青铜技术的伟大成就和钢铁技术的兴起

我国古代青铜技术约发明于二里头文化时期，或说夏代晚期至商代早期，殷墟至西周便达到了相当成熟的阶段。春秋之后，以礼乐器为中心的青铜业开始衰退。战国时代，因生铁技术的兴起，我国古代金属技术又进入了一个新的阶段。夏商周是人类金属文化史上至为光辉灿烂的时代，人们在金属冶炼、铸造，以及合金技术、加工技术、热处理和表面处理技术等方面，都取得了伟大的成就，这是古代世界任何一个地区、任何一个民族都不可与之比拟的。

一、夏商周青铜器使用的简单历程

（一）夏至商代早期

这是我国青铜技术的发明期。与此年代相当的一些考古文化，如二里头文化、岳石文化、四坝文化、夏家店下层文化，以及偃师尸乡沟早期商城遗址都出土了不少青铜器，其中尤以二里头文化铜器为多。属于这一文化的考古遗址，如偃师二里头[1][2][3]、山西东下冯[4]、洛阳东干沟、登封王城岗[5]等遗址都有铜器出土。依有关学者20世纪末的统计，仅二里头便不少于175件[3]。器物种类包括：（1）礼器，有鼎、觚、爵、斝、盉。(2) 乐器，主要是铃。(3) 兵刃器，有戈、镞、钺。(4) 生产工具，有锛、凿、刀、钻、锥、鱼钩、铜条。(5) 饰器，有圆形铜泡、镶嵌绿松石的铜牌。这些铜器多属二里头文化三、四期，一、二期只有刀、铃、锥等少数几件，铜兵器皆属三、四期，在中原文化区是最早的。二里头和尸乡沟早期商城都发现有规模较大的冶铜作坊，并出土了炼渣、泥范、熔炉残块、浇口铜等[6]。

与二里头文化相当的诸考古文化中，岳石文化出土铜器约在10件以上[7][8]；四坝文化出土铜器尤为丰富，1976年玉门火烧沟出土200多件[9]，1986年，安西出土铜器7件，后又采集了若干件，同年民乐西灰山遗址出土残铜器2件，1987年，民乐东灰山出土铜器16件，同时酒泉干骨崖遗址出土铜器48件[10]；夏家店下层出土铜器70多件，分布于内蒙、河北、辽宁、北京、天津等10多个地方，其中赤峰大甸子夏家店下层文化便出土55件[7][11][12]。此三种文化所出冶铸器物种类有：(1) 兵刃器，包括矛、镞、匕首，其中的矛和镞皆见于火烧沟，这是我国迄今考古发掘最早的铜兵器。（2）手工业生产工具，包括刀、斧、凿、锥、针、锤。(3) 农具，包括镢、镰。(4) 饰器，包括铜泡、铜管、铜鼻环、铜镜、铜片、铜耳环、铜指环、铜杖首等。(5) 容器，如铜甗。(6) 石范、陶范等。

可见与仰韶—龙山文化相比较：（1）此期器物种类明显增多，兵器的铜戈、铜矛、铜钺、铜镞，农具的铜镢、铜镰，手工业工具的铜锛、铜锤，以及镶嵌绿松石的饰器等，前此都是不曾见过的。容器在龙山文化时只见到了一件残片，此期却出土了爵、斝、鼎、甗等多种器物。（2）器型明显增大，亦稍见复杂。二里头文化四期的墓M57出土一件铜爵，通高1.64厘米，流、尾距19.8厘米；同墓出土的一件铜刀长达34厘米[2]。(3) 部分铜器上出现了简单的弦纹、乳钉纹、圆圈纹等。这说明夏末商初，青铜器已开始扩展到社会生产、社会生活的各个领域。

（二）商代中期

这是我国古代青铜技术的勃兴期，目前在河南郑州、辉县琉璃阁、河北藁城、北京平谷、湖北盘龙城等商代中期或与之年代相当的考古文化都出土了许多青铜器。郑州南关外、紫荆山北等地还发现了规模较大的冶铸铜遗址。青铜器开始在社会生产、社会生活的一些基本部门显示自己的重要地位。盘龙城在1974年及之前发掘的12座墓葬中，半数都出土有青铜生产工具[13]；郑州南关外铸铜作坊是以铸造生产工具为主的[6][14]。此期青铜器出土数量和种类明显增多，如盘龙城出土的二里岗期青铜器计25种，159件以上[13]。此期习见的青铜器种类有：（1）兵刃器，包括戈、镞、钺、矛、镦等。（2）手工业工具，包括斧、锛、斨、凿、锯、刀、锥、钻等。（3）农具，包括锸、镢等。（4）容器，包括鼎、鬲、甗、觚、爵、斝、罍、卣、盉、盘、簋、尊等。（5）各种饰器。郑州小双桥出土两件大型青铜建筑饰件，其中一件重8.5千克，高21.5厘米，宽18~21厘米。这五类器物都包含了不少新品种，如河北藁城出土有铜戟，长时期以来，人们一直以为戟是到了西周才出现的。

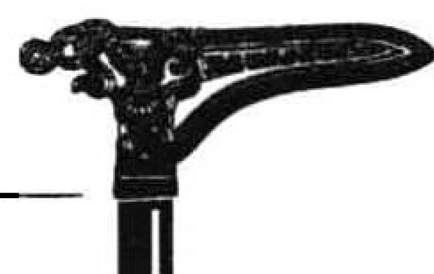
此期容器造型普遍向着宏大、复杂的方向发展。盘龙城一件大铜钺，长41厘米，刃宽26厘米，身上饰有夔龙纹和蝉纹[13]。1974年，郑州杜岭街出土了两件大方鼎，一件通高100厘米，重86.4千克。1982年郑州向阳回族食品厂窖藏发掘2件饕餮纹大方鼎，一件通高81厘米、口长55厘米、宽53厘米，底长46厘米、宽44厘米，重75千克[15]。

（三）商代晚期至西周

这是我国古代青铜技术高度发展的阶段，出土青铜器数量之多，种类之众，分布之广，体型之大，花纹之繁褥，都是前所未有的，其中尤以礼器和容器发展得最为充分。1976年，安阳小屯村西北妇好墓出土铜器468件及小铜泡一组109件。种类有：礼器20多种210件，武器3种134件，乐器1种5件，生产工具4种41件，此外还有大量的生活用器和工艺品[16]，种类甚全。铜铚、铜犁等农具都始见于商代晚期。1939年，安阳殷墟出土一件司母戊大鼎，高1.33米，重875千克。妇好墓出土的一对大型铜鼎（司母辛鼎），高分别为80.1厘米和80厘米，重分别为128千克和117.5千克。尤其值得注意的是，不仅黄河流域，而且长江中、下游，如江西、四川，也发现了大量商代晚期青铜器，从而改变了往昔认为这些地区开发较晚的观念。1973年，江西吴城发现一处商代铸铜遗址，先后出土了300多件石范及少量陶范[17]。1986年四川广汉三星堆发掘了一处与商代晚期年代相当的遗址，出土青铜器439件，其中一件站立大型铸铜人像通高竟达260厘米[18]。1989年，江西新干大洋洲出土商代中晚期青铜器480多件，其中一件青铜甗高105厘米，一件铜钺长35.2厘米、刃宽34.8厘米[19]。商代晚期，青铜刀已较多地用到了军事上，青铜剑亦开始出现。彩版壹，3所示为新干大墓所出商代晚期尖翘锋短柄秃首蝉纹刀XDM:315，通长67.9厘米、本宽9.0厘米。彩版壹，4所示为上海博物馆藏商代晚期龙纹镂脊尖翘锋短柄秃首刀，长26.8厘米，刃长23.4厘米。

（四）春秋战国

因礼乐崩溃，王室之器衰落，诸侯之器兴起，日用之器发达起来，此时整个



青铜器的制作打破了商、西周时期的呆板、厚重、千篇一律的局面，而代之以轻便、新颖的造型，种类更多。由于经济发展，战争频繁，铸钱业、铸镜业、铜剑等兵器制造业，成了青铜业的主要生产部门。在南方的吴越一带，青铜农具得到了较大的推广和发展。据陈振中1987年的统计，我国见于考古发掘和馆藏的镰、铲、锄、镢四种农具，夏及其之前为12件，商代166件，西周389件，东周为1058件[20]。1977年，苏州城东北角一次就出土铜锄12件、铜锸5件、铜镰6件、铜耨1件，此外还有铜斤6件等。1975年，苏州城东南出土过锯镰4件、铚2件、铜锸1件、铜凹口锄4件[21]。战国时期，由于生铁的出现和使用，青铜在社会生产和社会生活中的主导地位发生了动摇，但青铜技术却更加成熟起来，著名的“六齐”合金规律就是在这一时期总结出来的。

二、青铜冶炼技术的伟大成就

夏至商代早期，我国青铜冶炼的技术水平还是较低的，商代中期有了较大提高，商代晚期便达到了较高水平。商代晚期至东周的铜矿采冶遗址计见5处：江西瑞昌铜岭采冶场、皖南矿冶场、湖北铜绿山矿冶场、内蒙林西大井矿冶场、新疆奴拉赛采冶场。它们的使用时间不尽相同。此期炼铜技术的主要成就是：构筑了较为高大的竖炉，在炉缸下构筑了防潮风沟，有了一定的炉身角，在炉腹上设置了风口，很可能还使用了石灰石作为造渣剂，初步解决了氧化矿和硫化矿的许多冶炼技术问题。

（一）原料准备

除自然铜外，人类早期使用的铜矿主要是氧化矿，至迟春秋早期，我国南方、北方和西北的新疆都使用了硫化矿炼铜。铜绿山所用主要是氧化矿，矿石通常都经破碎和筛分，矿粒度为0.5～4厘米。林西春秋早期冶铜作坊[22]、新疆奴拉赛冶铜作坊（年代相当于东周）[23]、皖南春秋晚期至战国初期冶铜作坊[24]都使用过硫化矿。大井出土过4座多孔炉，直径介于1.5～2.0米间，炉上覆盖的红烧

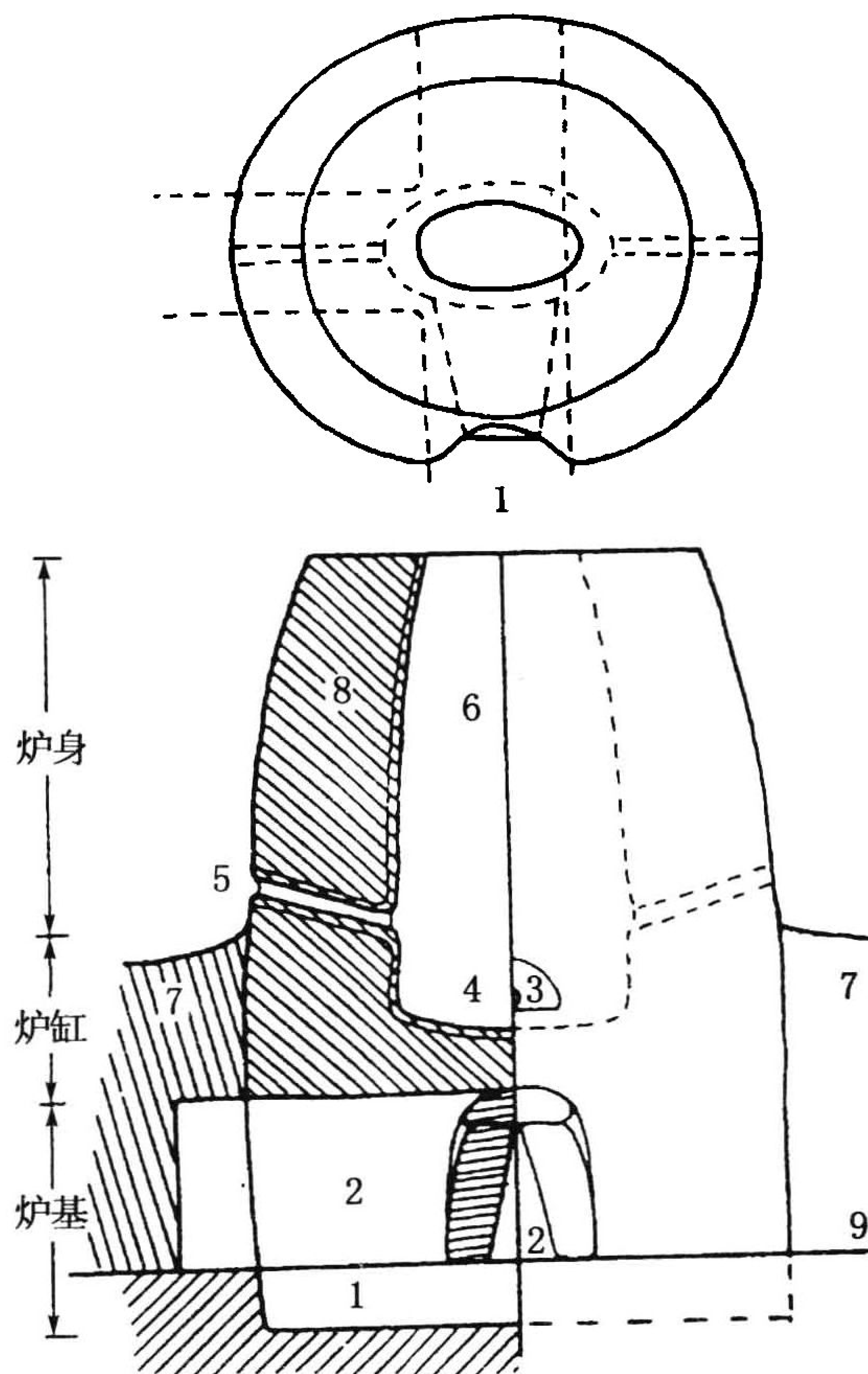


图2－2－1　铜绿山XI号矿体春秋早期炼铜竖炉复原图（俯视、正视中剖）

1. 炉基　2. 风沟　3. 金门　4. 排渣口位置　5. 风口　6. 炉子胸腔　7. 工作平台　8. 炉壁　9. 原地面

采自《铜绿山古矿冶遗址》（文物出版社，1999年）第156页

土块层中布满了弯曲的孔道，孔径8~10厘米，有学者认为它可能是硫化矿焙烧炉[22]。

（二）冶炼设备

最早的冶炼设备很可能是一种坩埚，之后才发明了竖炉。我国今见最早的炼铜竖炉（或叫高炉）是大井春秋初期（或更早）竖炉和铜绿山春秋早期竖炉。

铜绿山春秋竖炉已发掘8座，结构和尺寸基本相近。炉体近于竖立的腰鼓形，分作炉基、炉缸、炉身三大部分（图2-2-1）。炉缸断面计有三种形态，即近于圆形，近于椭圆形，或近于长方形。前者直径约0.5~0.56米，炉高约1.5米，料柱高1.2米，炉内容积约0.28米^3。在炉体结构上值得注意的几点是：（1）炉缸下部的炉基设有“T”形风沟，可起到保温、防潮和防止炉缸冻结的作用。（2）每座炉子大约都有两个风口，其中4号炉的风口内倾角为19度，这对于改善火焰分布状态具有重要意义。（3）金门（出铜口）的门坎稍稍内倾，故铜液不能出尽，有利于炉缸保温。（4）炉身内壁稍稍内倾，炉身角适中，这既有利于炉内保温，亦与炉料运行规律相符。（5）炉衬所含SiO_2和Al_2O_3量较高，如4号炉金门拱顶内衬，SiO_2为76.67%，Al_2O_3为18.35%，耐火度达1580℃，显然这耐火材料是经过了精心选择的，表现了相当高的技术水平[25][26]。类似的先秦炼铜炉在皖南也可看到。

（三）冶炼技术

氧化矿冶炼的技术要点，是在一定的温度和气氛条件下，将铜还原出来，经过精炼后，便可将伴生元素和夹杂物去除，最后得到较为纯净的铜，矿石中所含脉石则与熔剂生成炉渣而排出。冶炼技术之高低，常可通过炉渣和铜块性状反映出来。经计算，铜绿山炉渣硅酸度一般为1.2~1.8，今人对炼铜渣硅酸度的要求是1~2；经分析，铜绿山炉渣含铜约为0.7%左右，3号炉的只有0.2%~0.67%，现代鼓风炉氧化矿还原冶炼要求渣中含铜量为0.7%~1.0%。其中3号、4号炉粗铜品位分别达93.32%、93.99%，含铁分别为3.35%、3.99%；现代粗铜品位一般为92%~95%。看来古人的冶炼技术已达一定水平，且已掌握配渣术。铜绿山早期开采和入炉的矿石主要有三种，不管使用哪种单一的矿石入炉，都是炼不出此种渣型的[25][26]。

硫化矿冶炼的第一步是去硫，依去硫情况之不同，又有两种不同的工艺：（1）“硫化矿—铜”，即经一次焙烧，便将矿石中的硫除净，之后再作还原冶炼，得到粗铜。（2）“硫化矿—冰铜—铜”，即矿石焙烧时并不能将硫完全去除，第一步的冶炼产品名为冰铜，这是以硫化亚铜（Cu_2S）与硫化亚铁（FeS）为主的硫化物熔融体，第二步再由冰铜还原成铜。后世多用第二种方法，即先炼为冰铜，再作还原冶炼。

大井古炼渣内含有石灰石颗粒，可能使用了石灰石造渣。经分析，其中1件出炉铜块的成分分别为：铜71.93%、锡21.79%、砷4.49%。这表明早在春秋时期或者稍早，我国就掌握了大规模开采、冶炼铜锡砷共生硫化矿的技术[22]。

奴拉赛使用的是一种高品位硫化矿。经测定，渣的熔点约1070℃~1160℃。这些渣既有含砷铜颗粒的还原渣，也有含冰铜、砷冰铜颗粒的冰铜渣。经扫描电镜分析，一件砷铜锭的成分是：铜82.02%、砷17.92%。据分析，铜矿石本身的含砷量很低，故有学者推测，此砷很可能是添加了高砷矿物之故。这种工艺在世



界早期冶金中所见甚鲜，故其在冶金史上是具有重要意义的事件[23]。

鼓风技术应是与冶、铸同时，或稍稍滞后一个时期发明出来的。最为原始的送风方式自然是“对口管吹”式，之后才发展成了“挤压皮囊”式，亦即习之谓“鼓橐”。从现有资料看，这种囊的发明期至少可上推到商代晚期[27]。罗振玉《殷墟书契续编》（六·二四·六）载：“……百，才……𠈌（橐）界（盧）”此𠈌，《甲骨文字集释》释之为橐；《说文解字》：橐，“囊也”。此“界”，即盧，乃爐的初文。此“橐”、“爐”两字连文，所述与冶铸有关无疑。林西冶铜遗址的马首陶质风管[22]，洛阳北窑西周早中期熔炉[28]、铜绿山炼炉等上的风口，都应当是皮囊送风的证据。春秋之后，有关实物进一步增多起来，侯马铸铜作坊（春秋中期到战国早期）[29]、新郑春秋铸铜作坊等都出土了大量鼓风管残段。侯马铸炉所用风管有直管和弯管两种，都是插入坩埚炉使用的，呈顶吹式，可知铜绿山炼炉和侯马铸炉的进风角都是很有讲究的。春秋战国时期，有关记载更加明确，《墨子·备穴》篇说：“具炉橐，橐以牛皮。炉有两瓶，以桥鼓之”。还说“疾鼓橐以熏之”、“灶用四橐”。

三、青铜铸造技术的伟大成就

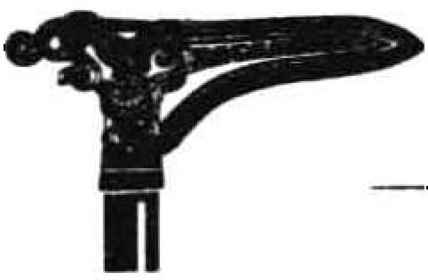
二里头时期，青铜铸造的技术水平还不高。二里头铜爵只有3块外范和1个芯子。二里岗时期，便有了突飞式发展，郑州杜岭街大方鼎用范达13块[30]。商代晚期之后，便发展到了相当成熟的阶段。此期铸造技术上的主要成就是：二里岗时期发明了分段造型和“先铸器体，后铸附件”的分铸法；商代晚期发明了“先铸附件，后铸器体”的分铸法；春秋时期发明了层叠铸造、出蜡铸造和金型铸造。西周早期便构筑了较为高大的铸铜竖炉，至迟春秋战国，便总结出了一套判定火候的熔炼技术规范。

（一）熔炼设备

此期的熔炼设备主要有坩埚和竖炉两种类型。

我国古代坩埚始见于临汝煤山二期，稍后在偃师二里头也可看到，但多是较小的残块。较大且较完整的化铜坩埚始见于郑州商城二里岗期[14]，稍后在安阳殷墟[31]、洛阳北窑西周铸铜作坊[28]、侯马春秋中期到战国早期铸铜作坊[29]都有出土。此期熔炼坩埚约可分为四种类型：（1）陶缸式，见于郑州南关外和洛阳北窑等地。以大口尊和沙质陶缸（南关外）或者陶瓮（北窑）作内胎，内外涂以草拌泥或耐火泥。（2）纯草拌泥式，南关外曾见一例。（3）将军盔式，外形如同广口陶尊。内残铜渣，外表多有烧流痕迹，很可能进行过外加热。（4）分段可拆式，侯马最为多见。其熔炉一般分作2段或3段，下部为炉盆，即炉缸，呈盆状、臼状、碗状，有的还有流嘴，当可作浇包用；之上为炉身，包括炉腹圈和炉口圈2节；多用草拌泥制成。内加热，风管从炉口插入。炉盆和炉身直径多为20~30厘米，少数稍大（图2-2-2）。

我国古代化铜竖炉始于何时今已难考，比较可靠的资料始见于安阳殷墟，之后在洛阳北窑西周早期铸铜遗址[28]、新郑仓城春秋战国铸铜遗址都有出土。洛阳北窑出土过数以千计的竖炉残块，经复原，炉体内径多为90~110厘米，最小的为50~60厘米，最大的可达160~170厘米，炉身用泥条盘筑法制成。部分炉子使用了4个鼓风口。鼓风嘴为陶质，炼炉内壁衬以耐火土，外壁涂草拌泥。新郑仓城化



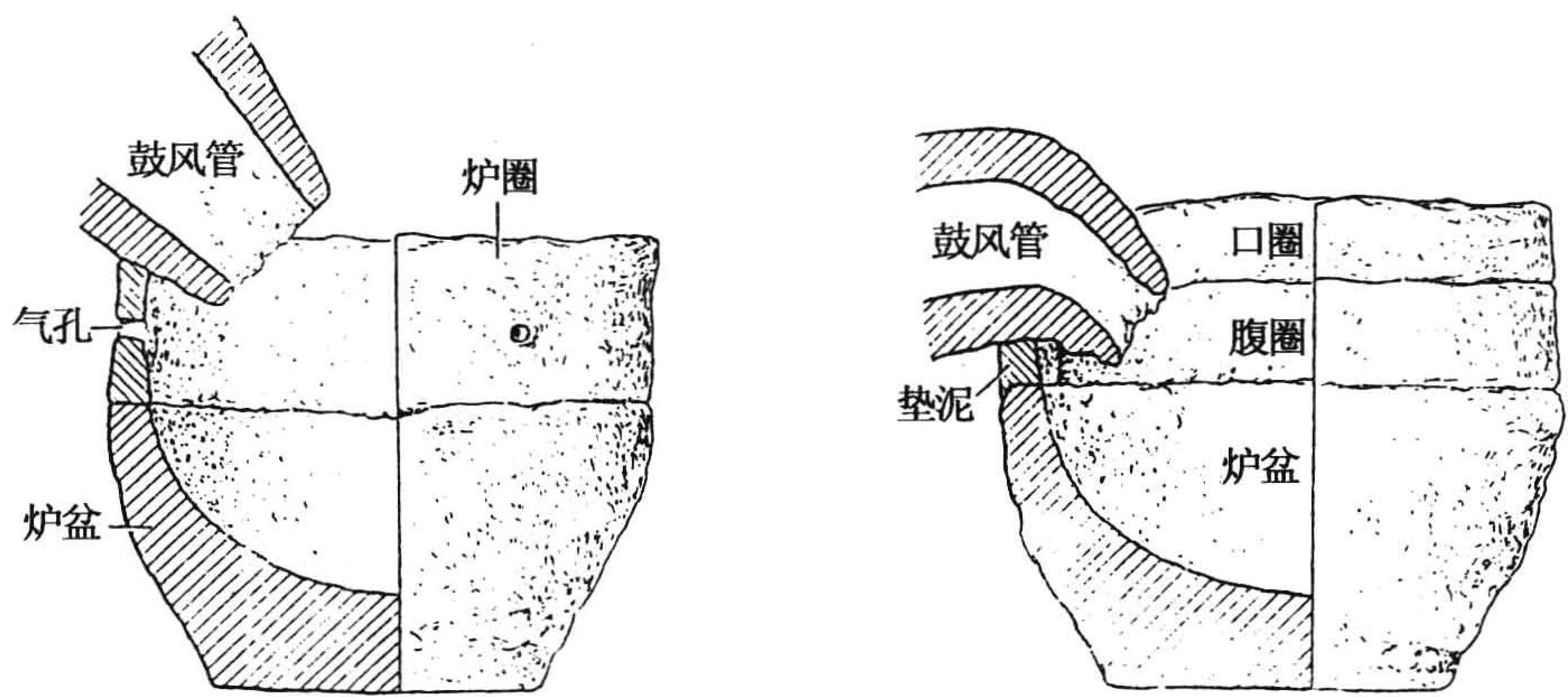


图2-2-2 侯马东周化铜炉送风方式示意图

采自文献［29］第76页

铜炉技术又有了一些进步，炉体不再使用泥条盘筑法构筑，而是使用较厚的耐火砖，砖有梯形、弧形等，耐火材料亦改用了砂泥，不再使用草拌泥。

（二）熔炼技术

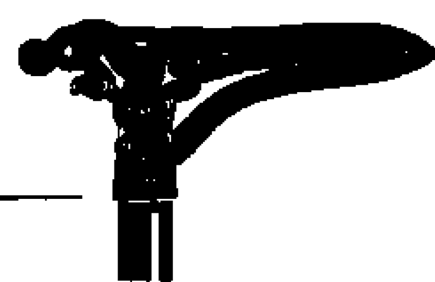
夏、商、周三代化铜炉一般为内加热，把金属块和燃料放入坩埚和竖炉后点火；坩埚从上口鼓风，竖炉可从设于炉腹的风口送风，也可将风管从上口插入炉内作顶吹式送风。有少数坩埚，如部分将军盔曾辅以外加热。熔炼的目的是：（1）熔化金属以便浇铸。（2）进一步排除杂质。（3）配制出适当的合金成分。所以熔炼技术极大地影响到产品质量。《考工记·㮚氏》云："㮚氏为量，改煎金锡则不耗；不耗然后权之，权之然后准之，准之然后量之。"汉郑玄认为"不耗"即是"消湅之精不复减也"。可见古人对铸器金属纯度是要求很高的。同书同条又说："凡铸金之状，金与锡黑浊之气竭，黄白次之，黄白之气竭，青白次之，青白之气竭，青气次之，然后可铸也。"一般认为《考工记》是东周时期齐国的官书，可知在《考工记》成书年代，人们已有了一整套依据火焰颜色来辨别熔炼进程的经验。

（三）石型铸造

我国古代的早期铸型主要是石型和泥型，出腊法和金型铸造都是春秋战国时期才发明出来的。

石型始见于夏及其与之年代相当和稍后的诸考古文化中，火烧沟出有镞范1件[9]、东下冯三期出有斧范4件、四期出有凿范1件[4]、红山后出有斧范1件，霓神庙出有斧范1件、刀范2件、矛范2件等[7][32]。中原地区在二里岗文化时期，石范已经使用较少，东下冯五期（相当于二里岗下层）只出有石质斧范2块、多器型范1块（范的一侧凿有3枚双翼镞型腔，另一侧凿有斧腔和一个凿腔）等，但在南方的江西，吴城文化二期仍大量使用。

1975年，吴城商代中晚期遗址出土300多件石范，基本成型的57块，种类有锛、斧、凿、刀、戈、矛、镞、匕首、耜范及部分车马饰范等，陶范只有少数几件。这些石范的基本特点是：（1）石料皆较松软。（2）范上刻有合范记号，有的凿出榫头和卯眼，以作合范定位用。（3）多为双合范，多为形制较为简单的生产



工具、兵刃器和车马器饰，未见石质容器范。（4）主要见于吴城二期，一、三期较少，时间范围较窄[33][34]。吴城文化二期约相当于殷墟二期。

石范铸造技术在我国一直沿用了下来，西周、东周及至近现代仍在部分地区使用，尤其是云南等地。1995 年，云南弥渡合家山出土石范 17 片，多为砂石质，断代春秋末期至战国中期[35]；据王大道 1982 年的调查，当时云南曲靖还存在以石型铸造犁铧的工艺[36]。承李晓岑惠告，2000 年 9 月，四川省木里县依吉乡依然使用石范铸造。

（四）泥型铸造

我国古代泥型铸造至迟出现于红山文化时期，龙山文化晚期和二里头文化时便有了一定发展，二里岗时期就逐渐成熟起来，殷商之后达到了相当成熟的阶段，它是我国商周青铜铸造的主要工艺；东周之后，由于金型和出蜡铸造的发展，其主导地位受到了一定冲击，但依然是十分重要的工艺。除西台红山文化陶范外，今见于考古发掘的一些年代较早的陶范出土地点主要有：偃师二里头[37]、赤峰四分地[38]和偃师尸乡沟早商城址等[6]，但数量都较少。商代中期之后，陶范出土量急剧增多，1954～1956 年，郑州商城出土 200 多块[6]；1958～1961 年，安阳苗圃北地出土的泥质范和模计 19459 块[31]；山西侯马牛村古城春秋战国铸铜遗址陶模、陶范达 5 万多片，其中可对合成套的便有近千套[29]。

1．造型材料的选择和加工

古代造型材料一般都是就地取材，先选择好泥土，之后再经研磨或舂捣，多要配入部分细砂，并经陈腐和练泥，范需缓慢阴干。侯马陶范、陶模所用泥料皆以文化层下的原生土为主[39]。商代晚期及其之前，多用单一范料造型，西周早期之后开始区分了面料和背料，侯马铸范一般也区分了面料和背料[29]。面料较细，可提高铸件精确度和花纹清晰度，面料中往往要掺入部分草木灰；背料一般较粗，可增加范的透气性和退让性。

谭德睿认为，我国古代之所以能用陶范铸造出许多花纹纤细，且器壁较薄的青铜器，其中一个技术关键是在陶范中羼入了植物灰，即使用了富含植物硅酸体的范土来造型。在陶范中羼入植物灰（或植物茎叶）的技术至迟发明于二里岗—盘龙时期，之后便一直沿袭了下来，这便使陶范具有了良好的充型性能。以往的研究认为，我国古代青铜器之所以能铸造出既花纹纤细，又器壁较薄的优良铸件，主要是古代陶范透气性较好之故，其实并非如此，古陶范的透气性实际上是很差的[39]。

2．模、范、芯的制作

铸造的基本过程大体是：先塑出实物模型，后依模制范，最后合范浇铸。若器形较为简单，且同一器形的产品数量要求较少，此“模型”便只需做一次、做一个；若器形较为复杂，或同一器形的产品数量较多，此“模型”则须制作多次、多个。其大体程序便是：先制“一次阳模”（祖模），后再依之复制出“一次阴模”，再依此阴模制作出“二次阳模”，再依此“二次阳模”制范，最后才依范浇铸。此“一次阳模”一般应是一个整体，但二次阳模则可由多块分模合成。

模型常以泥作成，后烧成半陶质。模上的花纹可用堆、削、刻等方式做出，

简单花纹也可用阴模直接模印。洛阳北窑车軎模的顶部留有绘图工具的痕迹，其许多模型表面都留有明显的分型线；看来，分型设计是在泥模上进行的。大约从商代中期起，铸范如何分型，某器物使用多少范片，便开始规范起来。

铸范多数应是使用模盒填泥法，在模盒内夯填成的，也只有夯填法才能保证花纹之清晰。自然也可直接雕塑，或用小阳模印成。模印法在商代晚期已较发展，安阳苗圃北地所出陶模能辨出器形的有22件。范的制作，既可使用“整模”夯填法做出整范，也可使用分模夯填法做出分范，之后再合范浇铸。侯马牛村春秋铸铜遗址出土数千件陶模，部分铜器的纹饰便是用小陶模多次复印出来的[30]。北方在西周早期以前，通常是一模一范，很少看到两件尺寸完全相同的器物。西周中期之后，出现了一模多范的工艺，西安普渡村西周中期所出27件青铜器中，有两件簋的形状、大小、纹饰完全一样[40]。一模多范的工艺在南方可能稍早，江西新干商代晚期铜刀中有4对同形，有的刀上还有纤细的花纹，不能排除它们是泥型铸造的可能性。一般而言，泥范是不能多次使用的，尤其是那些形制稍见复杂的器物。两器和多器同形，当是用一个阳模盒，多次夯填造型的。学术界常有人使用“同范”器一词，其实，对于泥型铸造来说，同范的机会是很少的，泥型易碎，一般都是同“模”。

芯子的制作，一般认为其做法有二：（1）造型结束后，将模子表面削去一层，削去的厚度便是铸件的厚度。（2）另外制作，可用芯盒翻制，也可直接用手制。前一方法是十分困难的，因模已成半陶，且厚度不好掌握。由洛阳北窑西周早期铸铜工艺看[28]，商周青铜工艺的芯子，绝大部分应是第二种方法，即另外制作。

侯马铸铜遗址等处都使用过脱模剂[29]，其目的是便于脱模。

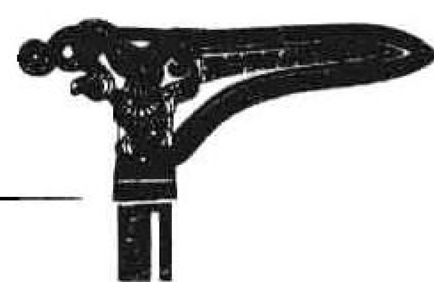
3．铸型的干燥和焙烧

制好的铸型须置于阴凉处缓慢阴干，以去除水分并释放部分制范过程中产生的内应力，之后再放入炉内焙烧。烘范窑始见于郑州南关外，1座，属二里岗期[6]；年代稍后，多处遗址都可看到。烘范的目的是使碳酸盐等发气物质完全分解，并达到半陶状，也可消除部分内应力。范务必烧透，一是加热温度必须足够高，二是保温时间必须足够长，使碳酸盐能够完全分解。烘烤温度通常为850℃～950℃。范片经烘烤定形后便可合范、浇铸。一般而言，在正常气温下，皆可冷范浇铸，一般是不会产生冷隔的。冷范浇铸的优点是可提高器件表面光洁度和硬度；对生铁来说，冷范浇铸易于得到白口组织，有利于下一道工序的可锻化退火处理。

4．关于大型复杂铸件的泥型铸造

上面讨论了泥型铸造的一般过程，下面介绍几种泥型铸造的大型复杂铸件工艺。

（1）多范块连续拼铸法。操作要点是：将整个器物划分成若干个部分，分别设计、制模、制范，并依次浇铸。从第二个部分起，每次造型时，均将已铸成的前块合拼在范中，如此连续逐个拼铸，最后铸合为一。每个部分间皆作榫卯式连接、铸合。郑州先后出土过8件商代前期大方鼎，即郑州张寨2件、向阳食品厂2件、南顺城4件，皆属这一类型。有的要经10多次拼铸才能成器[150]。河南龙山文化时期的一些轮制陶器也有多块拼合成的，如盉分可分成8块、斝可分成6块、鬶形器可分成7块，最后粘结成器。青铜器拼铸法，显然是在陶器拼粘法基础上演



变过来的[150]。

（2）多范块分层套合的浑铸法。始见于二里岗—盘龙城时期。郑州商城一个大圆鼎，腹外范分了两层，每层又分了三块，全器6块范，再加一个连足的芯子[6]。后世一直沿用。

（3）多范片造型的浑铸。如司母戊大鼎，有人认为它使用了31块范[41]，但最新的检测结果则是24块范，即内范1块、四周腹壁连足计4块、顶范4块、双耳计14块（每个顶耳用外范4块、底范1块、芯2块）、底范1块。此外再加浇口范[151]。

（4）器体和附件分开铸造。它又包括两种类型：一是先铸器体法，即先铸器体，并在器体相应部位铸出榫头，之后再在器体上安放附件模型，并制范、浇铸，使器体和附件形成榫卯式接合。此法始见于火烧沟四坝文化时期的四羊铜权杖首，其四羊头与杖首便是分铸的。二里岗—盘龙城时期，此技术有了进一步发展，郑州出土的涡纹中柱盂和提梁卣等[42][6]、盘龙城青铜簋等[152]都使用了这一工艺。二是先铸附件法，这是对先铸器体法的一种改进，始见于商代晚期，西周时期就有了较大发展。操作要点是先铸器耳、器柄等附件，后把附件放入器体的范中，并浇铸在一起。许多体型复杂、图纹细腻的商周青铜，都是用分铸法浇铸出来的[153]。

著名的四羊方尊造型奇特、花纹细腻、气势宏伟，往日多以为是出蜡法铸造的，其实是先铸附件的分铸法。操作要点是：先铸卷曲的羊角，后把羊角插入羊头的铸型内，铸成带角的羊头，再将铸成的整个羊头、龙头同时嵌入尊体的铸型内，浇铸成完整的尊体[154]。

5．一次浇铸多层范块的泥型铸造——叠铸

即在每合范内制作多个型腔，之后将多合范以横向或竖向的方式积叠起来，组合成套，使用多个或一个浇口，一次浇铸数件至数十件产品。主要用来生产车马器、钱币，以及部分小生产工具。依范片积叠方式之不同，又包括卧式叠铸和立式叠铸两种。前者的每合范自具一个独立的浇道，后者则一套组合起来的若干合范共用一个直浇道。此法发明于春秋时期，山西侯马春秋铸铜遗址[43]、河南新郑郑韩故城春秋铸铜遗址[6][44]都出土过卧式叠铸的范块。战国时期，此技术有了进一步发展，山东临

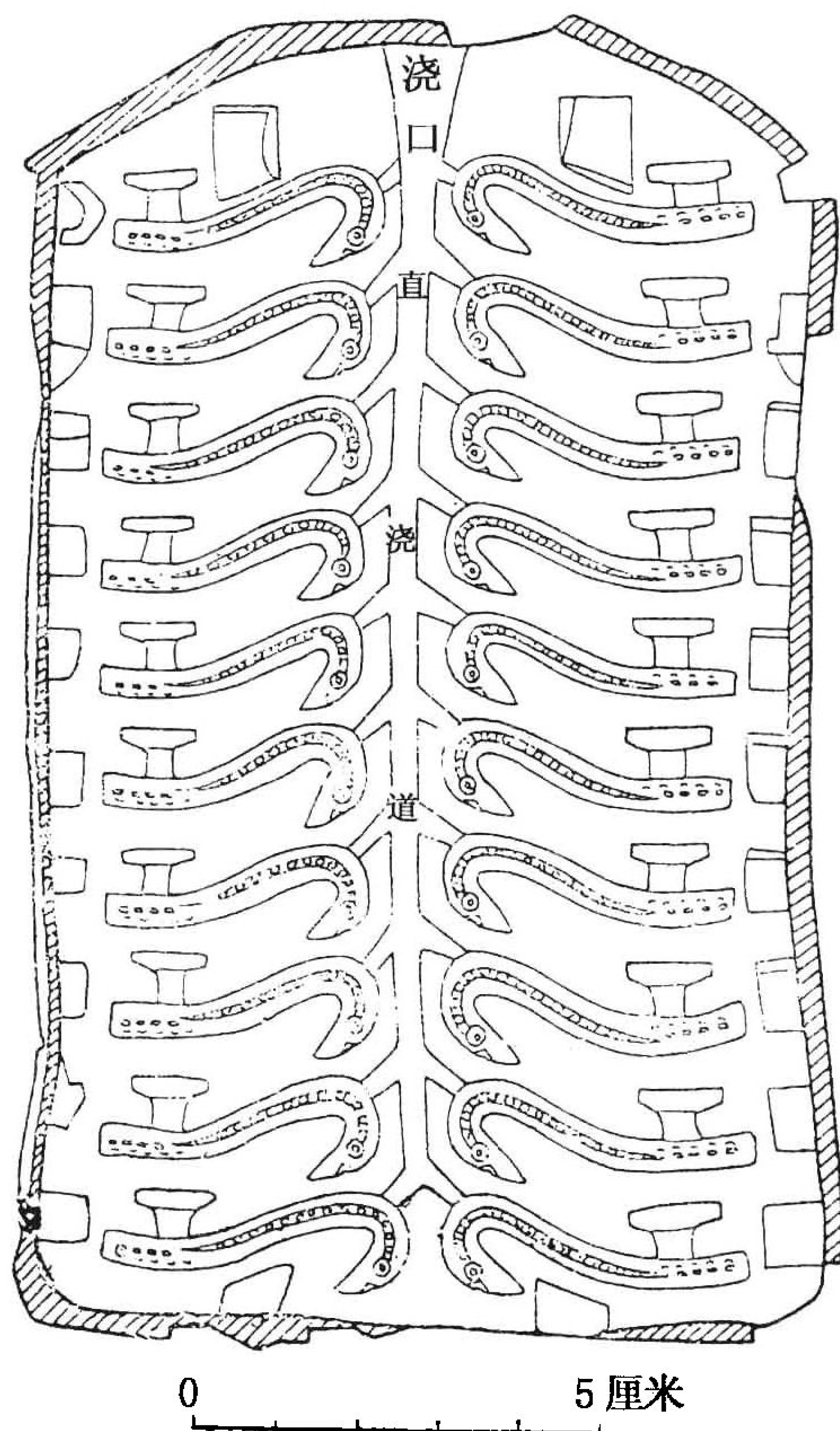


图2－2－3 阳城铸铁遗址战国晚期带钩立式叠铸泥范 YZHT5①:2

采自文献[5]第305页

淄出土过翻制立式叠铸泥范的铜质模盒，铸件是“齐法化”刀币；河北易县燕下都亦出土过叠铸泥范，叠层7合以上[45]。登封阳城战国早、晚两期铸铁遗址都出土过叠铸的带钩范，图2-2-3为阳城战国晚期叠铸带钩范，其往往两盒叠在一起浇铸。此法的优点是：批产量较大，可节省造型材料。

（五）出蜡铸造

这是我国古代的称谓，今学术界习惯谓之失蜡法、熔模法。操作要点是：先以油蜡塑造一个实物模型，后在蜡模上挂泥；先挂细泥，后挂粗泥；晾干去蜡后，便可得到一个与实物模型完全一样的型腔，之后再将金属液注入型腔。主要用于铸造花纹精细、表面光洁度要求较高，不宜采用分铸、焊接等法生产的大小器物。

我国古代出蜡法约发明于春秋中期，所见较早的实物有：1978~1979年河南淅川下寺春秋2号墓出土的铜禁及其兽形饰，1、2、3号墓所出铜盏附件，以及1号墓55号鼎的兽形饰等[46]；年代稍后的有，1978年曾侯乙墓出土的尊盘颈部的透空附饰等（彩版贰，1）[47]。1981年，浙江绍兴战国初期墓出土的青铜质的房屋模型等，屋中人物亦应出蜡法铸成。在伊朗、美索不达米亚、埃及、印度等地，虽出蜡法在公元前三千纪中晚期便已使用，但我们的先人却很快就将它发展到了较高水平，故在世界铸造史上仍占有十分重要的地位。

近年有学者认为我国青铜时代并不曾有过出蜡法铸造，说此工艺是随着中外文化交流的发展而从西方传入的，说前述春秋战国的出蜡法铸件皆可用“泥型铸造+铜焊”的方式生产出来。此问题较为重要，需要认真研究。其实细想起来，这两种观点眼下皆无确定无疑的资料为凭。当初将那些铸件定为出蜡法时，主要依据是研究者的“常识和经验”，认为那些器物造型十分复杂，非出蜡法不可为。但如今要否定这一观点，要说它们是用“泥型+铜焊”制作出来的，同样缺乏文献资料，或科学考察资料的确凿依据。我想，要证明上述器物为“泥型+铜焊”时，至少要完成下列两方面的工作：（1）寻找铜焊工艺的确切证据，如对焊料残留物，或焊接部位进行科学分析，找到化学成分或金相组织上的确切依据。（2）用“泥型+铜焊”的方式将上述物件复制出来，以作旁证。若无此第一方面的考察资料，又无模拟试验为辅，此观点便依然是一种假说。但可进一步探讨。本书今依然采用旧有观点，即将上述曾侯乙墓尊盘等器仍视为出蜡法铸件。

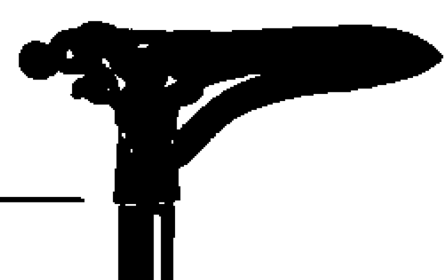
（六）金型铸造

此法约发明于战国或稍早。约包括铜范、铁范两种。今见于著录的先秦铜范主要有：平首布“梁一釿”铜范、“虞一釿”铜范等[48]；出土的有安徽繁昌铜质蚁钱范2枚，武汉出土的铜质贝范1枚，上海市博物馆藏有2枚[49]。此铜范主要用来铸钱，使用量不太大。铁范主要铸造铁质的农具、手工业工具、车马器和半成品的板材。金型习誉之“永久型”，其主要优点是铸型可反复使用，从而减少了制范工作量。我国古代金型铸造的主要成就是铁范，下面还要提到。

我国先秦青铜铸造工艺主要是如上几种，不同的工艺，适应于不同的情况和要求，使金属器的产量最大限度地满足了人们的需要，促进了社会文明的发展。

四、青铜合金技术的发展和“六齐”规律的出现

我国古代青铜合金技术约发明二里头时期，二里岗时期便有了一定的发展；



殷墟时期，Cu－Sn二元、Cu－Sn－Pb三元合金系基本确立；春秋战国时期，此合金系便发展到了相当成熟的阶段，并总结出了世界上最早的青铜合金规律——“六齐”规律。我国古代青铜技术获得了举世瞩目的成就，其中一个技术关键，便是这一合金技术体系的确立和发展。

（一）青铜合金技术的萌芽——二里头文化时期

此时期青铜合金技术上的主要特点是：

1．青铜器使用量明显增加，在金属器中的比重明显增大。人们分析过53件二里头出土的铜器[2][50]~[54]，计有青铜44件，占标本总数的83.02%，而红铜6件、砷铜1件、铅基合金1件、铅片1件，计9件，只占标本总数的16.98%。有学者分析过19件朱开沟商代早中期金属器[55]，皆为青铜，竟无一件红铜或铅基合金等。

2．有的标本含锡、含铅量较高。二里头53件标本的平均成分为：铜83.98%、锡4.61%、铅10.6%，其中含锡量大于13%者计5件，最高含锡量达23.09%（铜钩）[54]，含铅量大于15%的铅青铜、锡铅青铜计13件，其中又有4件含铅量超过30%，最高达41.46%。这样多的标本含锡含铅量较高，至少有一部分应是人工有意配制的。

在今人分析过的此时期青铜器中，尤以山西夏县东下冯2件铜镞成分选择为良，皆为铅锡青铜，且含锡量较高，其中一件为铜78.59%、锡14.13%、铅4.46%[52]。

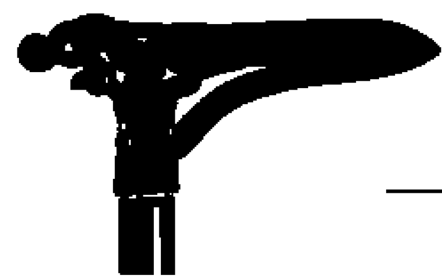
3．合金技术的整体水平依然较低，最明显的一个例子是：容器的平均含锡量竟较兵工器还高。在二里头53件标本中，有容器6件，平均成分为：铜81.62%、锡7.03%、铅9.32%；有兵工器30件，平均成分为：铜86.57%、锡3.39%、铅9.66%。

4．有的地方还较多地使用了红铜。有学者对66件火烧沟铜器做过定性分析[56]，有红铜34件，占标本总数的51.52%；青铜32件，计占标本总数的48.48%。另外，有的地方还较多地使用了原始砷铜，有学者考察过四坝文化民乐东灰山遗址的15件铜器[57]，其中12件为铜砷二元合金，2件为铜锡砷三元合金，1件为铜锡铅砷四元合金，不见红铜；其中8件的平均成分为：铜92.63%、锡1.44%、铅0.11%、砷4.37%（介于2.62%~5.47%间）。

可知在二里头文化及其与之年代相当考古文化，或说夏代中晚期至商代早期，青铜合金技术已经萌芽，我国已进入早期青铜时代。早期青铜时代的主要标志应是：（1）人们有意识地生产了一定数量的锡青铜和铅青铜，有的产品含锡、含铅量稍高。（2）但成分很不稳定，不同使用性能的器物，其合金成分并无明显差别；人们对铅和锡在铜合金中的不同作用尚无明确认识[58]。（3）在此期青铜合金中，相当大一部分可能还是利用共生矿直接冶炼得到的原始铜合金。

（二）青铜合金技术的初步发展——盘龙城、二里岗时期

我统计过61件二里岗—盘龙城时期的铜器合金成分，它们分别出土于湖北盘龙城（48件）[13][59][60]、河南郑州（11件）[42][61][62]、山西夏县东下冯（1件）[52]、江西清江（1件）[50]。由之可以看到这个时期青铜合金技术已有了初步发展。



1. 青铜器使用量进一步扩大，红铜已经很少看到。在61件标本中，有青铜器60件，包括锡青铜10件、铅锡青铜21件、锡铅青铜29件，占标本总数的98.36%；红铜只有1件，占试样总数的1.63%。原始黄铜、砷铜皆未看到。

2. 铅和锡的含量大幅度提高。61件器物的平均成分为：铜86.33%、锡11.83%、铅10.75%，其中含锡量大于10%的达36件，最高值达19.474%；含铅量大于和等于10%的30件，最高值达27.1%。合金配锡配铅量的增长，这说明Cu－Sn、Cu－Pb二元和Cu－Sn－Pb三元合金系此时皆已初步形成。

在此期青铜器中，合金成分选择较好的是郑州小双桥出土者，我们分析过其4件容器，皆为锡青铜，且含锡量稍高，平均值为：铜88.05%、锡8.87%。

但此时的合金技术还不太成熟：（1）器物含锡量还不太高，其分布亦较分散。（2）平均含锡、含铅量相差不大，盘龙城的平均含锡量甚至低于平均含铅量，以铅为主要合金元素的青铜器依然较多，盘龙城一件青铜凿还使用锡铅青铜，说明人们尚未区分铅、锡对铜合金机械性能的影响。（3）青铜兵刃器的数量和种类依然较少。所以，二里头文化和二里岗文化时期，应是我国的早期青铜时代。

（三）Cu－Sn二元和Cu－Sn－Pb三元合金系的确立——商代晚期

商代晚期，二元和三元青铜合金系已完全确立，这主要表现在殷墟大墓出土的青铜器中。1982年，李敏生等分析过殷墟妇好墓出土的91件青铜器[63]，其中有鼎20件、一般容器45件、武器12件、生产工具4件、不辨器形的残器10件。由之可知：

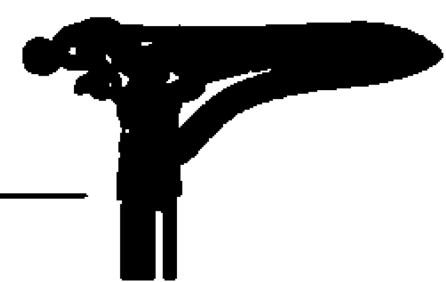
1. 红铜、原始黄铜、原始砷铜皆未再现，而且铅青铜、锡铅青铜都很少使用。此91件标本都是Cu－Sn二元和Cu－Sn－Pb三元合金，而且多为锡青铜（计66件），占试样总数的72.53%。

2. 平均含锡量较高，含铅量较低。91件试样的平均成分为：铜80.71%、锡15.85%、铅1.79%。

3. 合金成分较为稳定，出现了相对集中的成分区间。如兵工器（16件），含锡量为8.79%～18.7%，平均14.73%，其中3件镞、4件锛的含锡量集中于16%～19%之间。如鼎，含锡11.62%～19.08%，平均16.34%。据有关学者分析，司母戊大方鼎成分为：铜84.77%、锡11.64%、铅2.79%，亦处于同一成分范围。

这种成分配制，便在较大程度上满足了人们对器物使用性能的要求。这说明，在殷墟大墓中，以锡为主要合金元素的技术思想已经确立，人们已开始区分铅、锡两种金属及其对铜合金性能的不同影响。我国已进入了完全的青铜时代。

但商代晚期的青铜技术还有两点不足：（1）先进的青铜合金技术主要表现在殷墟大墓中，殷墟中小型墓和殷墟之外的其他处青铜器则较之逊色。1984年李敏生等又分析了43件殷墟西区近千座中小型墓出土的青铜器[64]，1994年，我分析了13件河南罗山、固始出土的殷商青铜器[65]；20世纪中后期，国内外学者亦分析过不少安阳等地所出商代青铜器[66][67][68]，发现其铅青铜、锡铅青铜在青铜器中所占比例依然较高。这一方面可能与统治者限制平民使用性能较好的青铜有关，另一方面也可能是先进技术尚未向社会推广之故。（2）殷墟大墓青铜器大量地使用了含锡较高的锡青铜和铅锡青铜，这是一种很大的进步；但依现代技术原理，



有的器物含锡量是可适当降低的，除响器外的多数器物，都可使用铅锡青铜。

西周时期，青铜合金技术又在殷墟大墓青铜器的基础上有了一定的提高。

（四）“六齐”合金规律的出现——春秋战国时期

春秋战国时期，我国青铜合金技术发展到了较为成熟的阶段。主要表现在：

1. 锡在铜合金中的主导地位完全确立。此期使用的主要是锡青铜和铅锡青铜，而锡铅青铜和铅青铜则使用较少，红铜和原始的黄铜、砷铜、锑铜更少看到。如青铜剑，我分析、统计过59件[67]~[76][155][156]，只有2件属锡铅青铜，余皆锡青铜和铅锡青铜。如青铜镜，我分析、统计过13件战国标本，皆系锡青铜和铅锡青铜[76][77]。如响器，我统计过18件东周钟、錞于、铃、镈的成分，其中锡青铜器7件、铅锡青铜器11件，不见铅青铜和锡铅青铜。又如除剑之外的一般兵工器中的刃器，我统计过113件，其中锡青铜38件，铅锡青铜62件，计100件，占试样总数的88.49%，而锡铅青铜、锡铅黄铜、铅锌锡青铜、锑铅青铜共计13件，只占试样总数的11.5%。

2. 含锡量较高，且成分分布较为稳定，尤其是镜、剑、响器。如剑，前述59件的成分为：锡8.849%~24.94%，平均16.599%，有41件集中于锡15%~22%间；铅平均4.182%。又如镜，前云13件的成分为：铜63.13%~84.567%，平均73.646%；锡15.967%~25.18%，平均19.355%；铅0~9.77%，平均3.818%。又如响器，前云18件的平均成分为：铜73.652%、锡15.881%、铅3.795%，其中乐钟成分为：锡12.49%~17.72%，平均14.751%；铅0.8%~8.53%，平均3.117%。可知这乐钟成分分布甚为集中。

3. 不同性能的器物使用了不同成分的合金。人们对剑、镜、响器的性能要求较高，故一般都用锡青铜和铅锡青铜，且含锡量稍高，含铅量较低或不含铅。上述所列百分比成分便清楚地显示了这一点，从而显示了较高的合金技术水平。而人们对容器的强度和硬度要求稍低，故其成分范围便可稍宽。我统计过53件春秋战国（少数标本属西周晚期至春秋早期）一般性青铜容器合金成分，有锡青铜7件、铅锡青铜29件、铅青铜1件、锡铅青铜16件。这说明，此期一般性容器虽以锡青铜和铅锡青铜为主，但铅青铜和锡铅青铜标本仍占较大比例，这是在镜、剑、响器、一般性兵工器中所不曾看到的，同样显示了较高的水平。

在青铜合金技术普遍发展的基础上，春秋战国时期还总结出了世界上最早的青铜合金规律，即“六齐”规律。《考工记·六齐》条云：“六分其金而锡居一，谓之钟鼎之齐；五分其金而锡居一，谓之斧斤之齐；四分其金而锡居一，谓之戈戟之齐；参分其金而锡居一，谓之大刃之齐；五分其金而锡居二，谓之削杀矢之齐；金锡半，谓之鉴燧之齐。”即是说，使用性能不同的器物，应配以不同成分的合金，其含锡量应由钟鼎到斧斤、戈戟、大刃、削杀矢、鉴燧逐渐地升高。这便是著名的六齐合金规律，其基本精神与现代技术原理是相符的。由于这段文献记述得不是十分明白，今人对“六齐”的百分比成分又有不同的解释，归结起来主要有“金即赤铜”说和“金即青铜”说两种观点，而对“鉴燧之齐”则又有“金锡各半”说和“金一锡半”说两种观点（表2—2—1）。在这许多观点中，我们是倾向于“金即赤铜”说和“金一锡半”说的[78]。

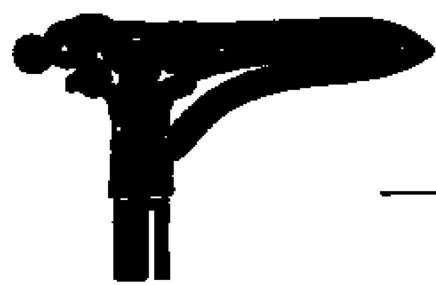


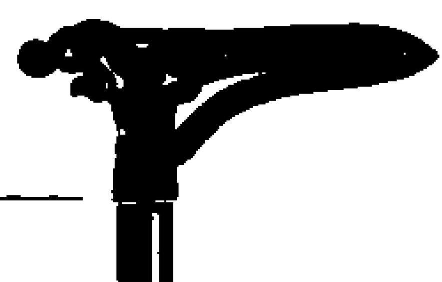
表 2-2-1　　关于“六齐”合金成分的两种解释

“齐”名＼不同解释	“金即青铜”说		“金即赤铜”说		“金锡各半”说		“金一锡半”说	
	铜	锡	铜	锡	铜	锡	铜	锡
钟鼎	83.33	16.67	85.71	14.29				
斧斤	80.00	20.00	83.33	16.67				
戈戟	75.00	25.00	80.00	20.00				
大刃	66.67	33.33	75.00	25.00				
削杀矢	60.00	40.00	71.43	28.57				
鉴燧					50.00	50.00	66.67	33.33

在此有一点需指出的是：《考工记》规定的合金成分与考古实物科学分析的数据间存在明显的差距：(1)“六齐”规定数中皆无铅，而有关考古实物一般都是含铅的。这主要是人们把锡当成了主要的合金元素，把铅当成次要、辅助性合金元素，而省略了之故。(2)“六齐”规定的含锡量，多较考古实物实际含锡量为高。主要原因是:“六齐”成分并非生产经验的总结，而是一种试验资料的反映和归纳，它只从某一角度反映了制作某种器物的极限值和理想值，而不是实际使用值[78]。

由上可知，春秋战国青铜器的实际操作和《考工记》“六齐”的规定，都是以锡作为主要合金元素的，这与现代技术原理基本相符。铜与锡可形成置换固溶体和多种电子化合物。在正常生产条件下，含量低于5%时，锡常与铜形成置换固溶体，金属组织呈单相 $\alpha-Cu$；含锡量达5% ~7%时，铸态组织中便有 $(\alpha+\delta)$ 共析体析出，其色灰白，其性硬且脆，一定程度上可起到加强金属基体的作用。一般而言，当含锡量达7%后，合金硬度和强度都有所提高，含锡量大于14%后，强度和硬度都会明显提高，研磨面颜色逐渐显白；含锡量超过20%后，材料强度逐渐达最大值；含锡量达28%时，硬度达最大值，研磨面颜色接近纯白。所以在一定成分范围内，含锡量增加，合金强度和硬度都会随之增加，研磨面颜色亦逐渐变白起来。铅是以软夹杂形式存在于铜基体中的，对金属基体起到一种切割作用，从而破坏了金属的连续性，削弱了它的强度和抗腐蚀能力。所以，合金含铅量提高，材料强度和硬度都会受到影响。春秋战国时期兵工器和铜镜含锡量都较高，含铅量较低或不含铅，说明人们对锡、铅两种金属及其在铜合金中的作用都有了相当的认识，也是我国古代青铜合金技术已经成熟的表现。《吕氏春秋·似顺论》云:“金柔锡柔，合两柔则为刚。”正好反映了这种合金化思想。从现代技术原理看，锡对铜合金性能的影响至少有三方面：(1)降低熔点。(2)提高强度。(3)减少金属的线收缩量。在一般合金中，锡青铜的线收缩是最小的，故能铸造断面复杂、花纹繁褥的精细的工艺品。锡青铜加入适量的铅，作用主要是：(1)降低金属熔点，改善金属铸造性能。(2)改善材料的切削加工性能。(3)在金属凝固后期，富铅溶液填入枝晶间的大量显微缩孔中，可适当减少组织疏松对材料性能的影响。(4)加入适量的铅，使金属具有一定的自润作用，提高它的耐磨性能和疲劳强度。

目前所见商周原始黄铜实物较少，我分析过的主要有山东长岛西周铜镞铤1件、湖北江陵战国铜镞1件、内蒙鄂尔多斯春秋战国“人骑马饰器”1件，其他学



者亦分析过数件鄂尔多斯的春秋战国黄铜饰器，总体上数量都不大。

五、青铜加工和热处理技术的发展

这主要包括锻打、焊接、复合材料技术、镶嵌，以及退火、淬火等方面，商周青铜器虽绝大多数都是铸造的，但在加工和热处理技术方面也取得了较大成就。

（一）锻打

夏文化锻件较少，这大约与其青铜礼器较多、铸造技术发展较快等因素有关。但岳石文化、四坝文化，及稍后的朱开沟文化五段①，锻件有时甚至占据了主导的地位。

有学者考察过尹家城岳石文化的9件金属器，其中4件进行了金相分析，有2件曾经锻打，1件铜刀是铸造成型后刃部冷锻，1件铜片系先铸后整体热锻；其余5件从外形考察来看，约有4件做过锻打，即铜锥1件、铜刀2件、红铜环1件[8]。9件标本中有6件作了整体或局部锻打，占标本总数的66.67%。

有学者对东灰山四坝文化15件铜器中的11件作了金相分析，均为锻造，其中有6件是先热锻成型，后又作了不同程度的冷锻[79]。有学者曾分析过30件酒泉干骨崖铜器的金相组织，有14件为锻造，另有2件是先铸，之后又作了冷加工[57]。此外，在火烧沟[56]、安西[57]等地，都发现有这一时期的锻件。

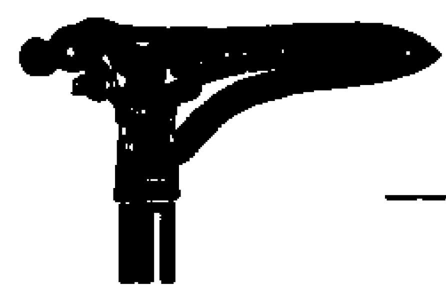
朱开沟铜器的冷热加工都使用得十分普遍，有关学者考察过30件标本，做过冷热加工的达14件，计占标本总数的46.7%。其中不但有耳环、指环、铜针、环首刀等小型饰器和工具，而且有短剑、戈、镞。有的锻件含锡量还较高，含铅却不高，如短剑，其锡、铅含量分别为14.2%和2.3%；一件耳环（8号样）含锡量甚至达17%，含铅量却小于0.1%；故其加工难度不低（图版贰，1、2、3）[80]。

在二里岗—盘龙城时期和殷墟时期，青铜锻造技术发展缓慢，但西周时期，情况就有了变化，主要表现是：部分形体稍大的兵刃器，如戈、矛等也使用了局部加工（图版贰，4、5）[81]。

春秋战国时期，青铜热锻技术有了较大发展，不管边境地区，还是中原文化区，都较多地使用了起来。今见于报道的此时期锻件主要有三种：（1）大型兵刃器，如四川战国青铜戈2件、矛1件[82]，广东罗定战国早期青铜钺2件，佛岗战国晚期复合剑1件[73]。这类器物一般都是铸造成型后再在刃部进行局部加工，多为热锻，唯见罗定1件青铜钺为冷锻。（2）护卫器，如云南江川李家山的2件战国至西汉青铜臂甲，热锻成型[83]。（3）日用器，主要是一些薄壁小件，始见于春秋，战国西汉之后都有使用。习见器物有：匜、盘、盒、奁、勺（柄）、鍑等，其中还包括部分刻纹铜器。图版贰，6、图版叁、图版肆，1、2所示为春秋战国青铜加工组织。锻打不但可帮助成型，而且可提高材料的强度，从而改善器物使用性能。有的器物含锡量较高，热加工温度区间较窄，说明先秦青铜加工技术已达到相当高的水平。

---

① 朱开沟遗址的年代计分作5段：第一段大体相当于龙山文化晚期，第二段约相当于夏代初期，第三段约相当于夏代中期，第四段约相当于夏代晚期，第五段约相当于商代早中期。见《朱开沟——青铜时代早期遗址发掘报告》，文物出版社，2000年。



在此需要一提的是云南，大约从剑川文化开始，直到西汉，其青铜锻打加工都占有一定的地位。剑川海门口曾发现一处青铜时代遗址，年代约相当于西周早期至春秋中期。其铜器的成型方式计有三种：（1）范铸，如镯、镰；（2）先范铸，后再作局部锻打，如斧、钺、锛；（3）锻制，如刀、鱼钩、凿、犁形饰件、夹形饰件等。其锻造之器和局部锻打之器，数量都是不小的[84]。再需一提的是成都金沙遗址，计出土了479件铜器，有学者分析过其中的13件标本，有11件曾经热锻，只有2件为铸件，平均成分为铜81.97%、锡12.9%、铅4.53%，多为不知器名的残片，有的壁厚仅为0.2毫米[82]，可知其合金技术和热锻技术都有了一定发展，并具有一定水平。遗址原断代为商代晚期至春秋，我们推测，今分析过的标本很可能是属于春秋或西周的。

（二）焊接

我国古代的焊接技术约发明于春秋时期。商代至西周中期，新器皆不做焊接，只在修补旧器时采用过焊补的操作。从历史上看，我国古代使用过的金属焊接约有铸焊、锻焊、钎焊、汞齐焊4种。狭义的焊接主要指钎焊和汞齐焊。汞齐焊发明较晚。钎焊又包括软钎焊和硬钎焊两种。软钎焊始见于春秋，北京延庆军都山文化春秋早期墓[85]、河南淅川下寺春秋中晚期墓[72]、郑州春秋墓[85]都有实物出土，其大体皆属铅焊料（或铅基焊料）和锡焊料（或锡基焊料），配比较为原始。如郑州的一件含铅88.78%、锡3.23%、锌2.4%[85]。春秋晚期至战国早期，软钎焊技术有了发展，有人分析过两份春秋晚期赵鞅墓焊料，成分分别为：铅38.837%、锡58.781%、铜1.855%；铅56.004%、锡40.837%、铜2.603%[86]。可知前者与现代锡铅焊料（锡63%、铅37%）比较接近。有人分析过随县曾侯乙墓所出尊盘焊料的成分，为锡53.4%、铅41.4%、铜0.38%、铁<0.01%，亦表现了同样的状况。硬钎焊约发明于战国早期，曾侯乙墓青铜器中，强度要术较高的地方曾使用过铜焊[87][88]，即硬钎焊。

（三）金属复合材料技术

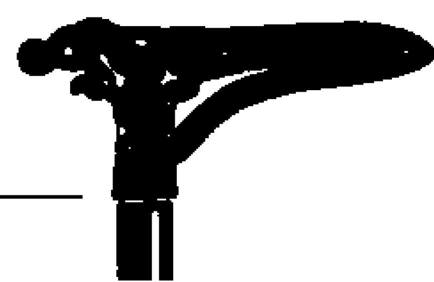
我国古代的金属复合材料技术主要有四种形式：（1）铜与陨铁之复合。（2）高锡青铜与低锡青铜之复合。（3）铜与铁之复合。（4）钢与“铁”之复合。前三者先秦都已出现，皆为铸造；后者约始见于汉，皆为锻制。四种工艺都主要使用在金属锋刃器上。

1. 铜与陨铁之复合

所见器物主要有陨铁刃铜钺、陨铁刃铜戈等器。陨铁刃铜钺今看到过3件，河北藁城台西村[89][90]、北京平谷刘家河各出土1件[91]，皆属商代中期；据传1931年河南浚县出土1件，原断代西周。陨铁刃铜戈今看到过1件，亦传为1931年浚县所出。也有学者认为浚县所出两器皆属商代晚期[89]。这类器物的工艺要点大凡都是：先锻制陨铁质的刃部，之后再与器身铸接在一起[90]，因陨铁强度、硬度较大，故铁刃的嵌入较大地改善了钺和戈的性能。

2. 高锡青铜与低锡青铜之复合

主要见于春秋战国时期，代表性器物是习所谓“两色剑”。工艺要点是：剑刃使用含锡量较高、含铅量较低或不含铅的青铜，脊部使用含锡量较低、含铅含铜量稍高的青



铜嵌铸而成。通常先铸脊部，并在浇铸刃部时，合铸为一（图2－2－4）。目前在湖南、湖北、广东、广西、浙江、江苏、江西、山西等省都有两色剑出土和收藏。年代较早的见于广西恭城，原断代春秋晚期至战国早期[92]；出土数量较多的是湖南省；最负盛名的是传为山西浑源所出少虡剑，其全长54厘米，刃宽5厘米，两侧脊部有20字金错铭文:“吉日壬午，乍为元用，玄镠（正面）铸吕，朕余名之，胃之少虡（背面）。”（彩版壹，2）我分析统计过9件青铜复合剑合金成分[68][69][71][93][94]，其刃部（8件试样）平均成分为：铜80.066%、锡18.321%、铅0.219%；脊部（6件试样）平均成分为：铜83.585%、锡10.370%、铅5.031%。复合剑的优点是：刃部较刚，脊部较柔，于是刚柔相济，此剑便具有了既锋利而又不易折断的优良性能。这是我国古代青铜剑技术、青铜合金技术高度发展的一种反映。昔有学者认为我国古代是铅锡相混的，其实这是一种误解。从大量考古实物的科学分析看，自商代晚期开始，人们便开始区分了铅和锡，春秋战国时，此认识又有了进一步提高，两色剑的使用，又是一个十分有力的证据。

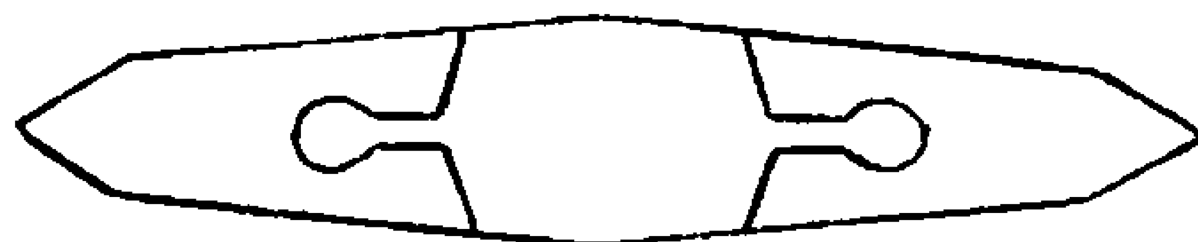


图2－2－4　鄂州青铜复合剑E53榫卯嵌铸示意图

3．铜与铁之复合

此工艺主要流行于战国、西汉时期，代表性器物是铁铤铜镞，辽宁、吉林、河南、山西、陕西、湖北、湖南、江西、广西等地都有出土。此铁铤有块炼铁和白心可锻铸铁。工艺要点是先锻铁铤，之后再与镞头嵌铸为一。从科学分析看，普通铜镞与铁铤铜镞的合金成分并无太大差别[93]，铁铤铜镞的出现反映了我国古代兵刃器由青铜质向钢铁质过渡这一历史时期的特征。

（四）镶嵌和金银错

镶嵌是在器物表面依事先设计的纹样，嵌入另一种较为华丽之物以作装饰的工艺。若嵌入之物为金银，嵌入后便可用错石错磨致平、致光，习谓之金错银错；若为非金属，通常无须错磨，便谓之镶嵌。不管错与不错，皆属镶嵌范畴[95][96]。

我国古代铜器之镶嵌始见于二里头时期，1975年后曾有多次出土。器物种类有嵌了绿松石的圆形铜器、尖状器、兽面纹铜饰牌、兽面纹圆角梯形铜牌等[2]，与此相类的器物在天水[97]、四川广汉[98]等地都有出土，后者可能属于商代。以金属作装饰的镶嵌工艺是到了商代才看到的。其始为赤铜质，故宫博物院珍藏一件商代晚期直内青铜戈，援部两个侧面的脊上都嵌有青铜质的棘形纹饰[96]。美国旧金山亚洲艺术博物馆藏有一件商代青铜钺，内端嵌有赤铜质的细线条兽面纹。西周的镶嵌器物甚为鲜见。春秋战国之后，有关器物的出土数量和种类明显增多，器形亦增大，出现了金错、银错，“错”法亦有多种。

春秋战国的赤铜镶嵌器物历年来出土较多，如1923年山西浑源出土的春秋狩猎纹铜豆，1955年寿县蔡侯墓出土的春秋晚期青铜豆、敦、方鉴、缶、四联耳盘等[99]，1951年唐山贾各庄出土的战国狩猎纹铜壶、兽纹铜豆[100]，1957年陕县后川出土的战国狩猎纹铜壶、涡纹铜匜[101]。不少器物花纹布满周身，有的细如丝发，但皆自然流畅，精美异常。

金银错工艺始见于春秋中期。今见较为重要的实例有：中国国家博物馆（原名中国历史博物馆，2003年改为今名）珍藏的晋国栾书缶，肩部有金错文5行40字。栾书是晋国大夫。1965年江陵望山1号墓出土的越王勾践剑，近格处有金错铭文8字（彩版壹，1）[102]。前云少虞剑有20字错金错文。战国时期，金银错的使用范围有了较大扩展，不仅兵器、礼器，而且车马器、符节、玺印、铜镜、带钩等日用器也较多地使用起来。20世纪70年代，河北平山县战国中山国墓出土金银错长方形铜质架饰件、金银错四鹿四龙四凤座方案、银错双翼神兽等约10件（套）金银错器物[103]。1964年山东临淄商王庄出土有错金、银镶绿松石的大铜镜，直径29.8厘米[104]。这些金银错器多光亮如新，图文构思巧妙、形象生动，虽细如丝发，却自然流畅，反映了一种高超的技艺。

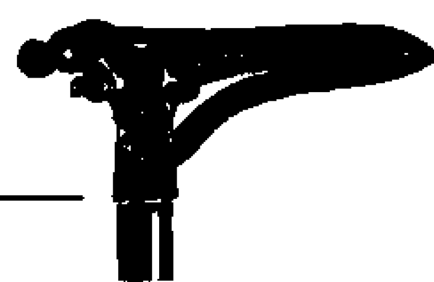
依嵌入方式之不同，镶嵌和金银错可有下列四种操作：（1）汞齐填充法。装饰用金银纹是以汞齐的形式填入嵌槽的。《说文解字》云："错，金涂也。"段注："涂俗作塗，又或作搽，谓以金措其上也。"这应当是我国古代金银错的主要方法。（2）浇灌法。把铜液直接浇入嵌槽内。此法今尚未在考古实物中找到明确的证据，1977年我们到浙江龙泉宝剑社参观时，其曾使用此法在剑身上错出龙凤纹和七星纹。（3）捶压法。作装饰用的赤铜、金、银丝（片）是使用捶压方式嵌入槽内的。据说传统技术中曾有此法。（4）铸镶法。先把赤铜花纹单独铸出，之后再将它镶到器物的铸范上，并浇铸在一起。据考察，曾侯乙墓部分赤铜镶嵌器便使用了此法。上海市博物馆珍藏夆叔匜一件，腹壁上镶有4条赤铜龙纹，其在内外壁的位置完全一致，亦应是铸镶而成[105]。大约它只适用于长条、大块、简单的赤铜图案。

（五）青铜热处理技术

我国古代的金属热处理技术中，使用较早的大约是退火技术，但其发明年代目前尚难肯定。在早期铜器中，长岛店子龙山文化黄铜片[106]、永靖秦魏家和武威皇娘娘台两地所出齐家文化铜锥[57]，稍后的玉门火烧沟铜匕[56]、泗水尹家城岳石文化铜刀[8]等，都显示了与退火态相当的组织，但这到底是人工退火所致，还是停锻温度较高，或自然时效所致，目前尚难肯定。在现有资料中，与人工退火关系更为密切的实例是北京平谷刘家河、河北藁城、河南郑州等商代中期遗址出土的金箔，它们很可能都是有意识地进行了再结晶退火。但由商代中期到晚期，青铜退火的实例都很少看到，西周时期情况才发生了变化。经分析，北京琉璃河西周早期青铜戈（2件）等（图版贰，4、5）[81]，曾作局部锻打，之后便作了退火处理。但金属热处理技术的真正发展，是春秋战国之后的事。青铜退火、铸铁可锻化退火、青铜和钢的淬火技术都迅速发展起来。

1. 青铜退火技术。作退火处理的主要是春秋战国时代的三种青铜"锻件"，即兵刃器、护卫器、薄壁日用器，尤其是刻纹铜器操作，表现了相当高的技艺。它很可能是在黄金退火技术的启示下发展起来的。

刻纹铜器是用锋利工具在器壁上刻出了装饰性图案的青铜器，主要有匜、盘、奁、缶等。今见最早实例是江苏六合程桥出土的春秋晚期刻纹铜盘[107]。20世纪80年代时，见于报道的东周刻纹铜器约40多件[108][109]。经科学考察，其皆系锻件，工艺程序当是：（1）浇制坯件。（2）热锻成型。（3）再结晶退火（图版叁，



4、图版肆，3)。(4) 清理退火过程中产生的表面氧化层，绘图、刻纹。这是十分科学的程序设计。再结晶退火后材料硬度降低，塑性提高。说明春秋战国时期人们对于退火处理的工艺操作及其与材料性能间的关系已有了较深的认识[109]。

成都金沙青铜的退火技术也使用较多，前云有学者分析过的13件金沙青铜器残件（片），有11件曾经热锻，都呈现等轴晶与孪晶[82]，这很可能经过了再结晶退火。

2. 青铜淬火技术。我国古代青铜淬火技术约发明于春秋晚期或稍早，战国中后期就较多地使用起来。今日所知我国古代进行过淬火处理的青铜器主要有4种，即刀剑类锋刃器、铜镜、铜舟等容器和锣钹类响器，先秦时期主要是前二者，后二者分别见于汉代和宋代，它们的含锡量都是较高的。锡青铜淬火的目的主要是降低其硬脆性，提高塑性，改善其综合的物理、机械性能。我国古代经过淬火的青铜锋刃器，今知至少6件：即江苏丹徒春秋晚期青铜戈[157]、广东罗定战国早期青铜篾刀[73]、四川峨眉战国刮刀[110]、湖北江陵青铜剑[69]、山东临沂战国青铜剑[106]，以及江苏吴越青铜残戈[157]。今见组织多为回火态，也有淬火态。铜镜淬火者较多，今知具有淬火、回火组织的战国青铜镜有：安徽出土的四山镜、蟠螭纹镜，长沙出土的彩绘镜、蟠螭纹镜，江陵残镜片等[77]。图版肆，4、5、6，图版伍为部分刀剑镜组织形态。也有报道说山西垣曲商代早期铜削 YQ-01 曾经淬火，但可惜示图较小而难窥全貌。还有报道说江苏高淳西周中晚期青铜剑3:1253的首部曾经淬火，但有学者持有异议[157]。皆可进一步研究。

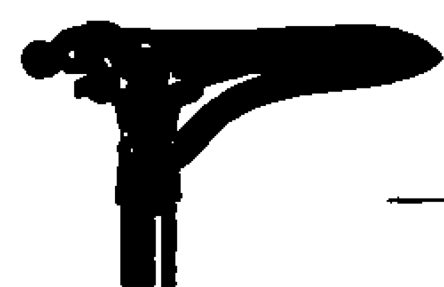
六、青铜表面处理

此期金属表面处理的主要内容是镀锡、镀金银、硫化处理。其目的，一是改善器件表面物理、化学性能；二是改善艺术效果。

（一）镀锡

由现有资料看，镀锡技术约出现于晚商至西周时期，今做过科学考察的主要有河南罗山青铜镞、直戈、环首刀、爵、固始直戈等[65]。20世纪30年代，殷墟出土过数具虎面铜盔，据说其中一件曾经镀锡，出土时依然光亮如新[111]。西周和春秋战国时期，镀锡技术逐渐推广开来，并广泛地使用到了兵器、日用器、车马器和部分生产工具中。古人镀锡的目的，主要是掩盖铸件表面的气孔、砂眼等各种缺陷，以及清理浇口、冒口时留下的痕迹。所以，除少数对表面状态要求不高的锅、鼎类容器和插、斧、镢类生产工具外，多数春秋战国青铜器都是外镀了的。法国考古学家卫松（Andre Vaysonde Pradenne）曾考察过我国部分周代青铜戈、青铜剑，亦发现其表面曾经外镀，并给予了很高的评价，说“中国古代已有外镀，殊可钦异……实足以超越斯世也”。

从有关资料推测，我国古代镀锡技术约有三种操作：(1) 固态擦涂法。将固态锡擦涂到器物表面上，以达到镀的目的。直到汉代，人们依然称镀金为涂金，可知“镀”的本意即是涂。下面还要谈到。(2) 汞齐涂附法。先制锡汞齐，之后将之涂抹到器物表面。(3) 液态浇淋、浸挂法。如张子高所云，将锡液浇在金属器上，或将金属器浸入锡液中，以达到镀的目的[112]。初始大约使用第一种方法稍多，炼汞术发明出来后，大约又是第二种方法较多，第三种方法的操作难度较大，



据说马口铁便是这样操作的，但青铜器是否能这样处理，尚须实验来证实。

在此有一点需指出的是，我国古代是否存在镀锡技术，历来都有两种不同看法。最初的争论主要围绕《诗·秦风·小戎》所云“鋈”字的解释上，20世纪90年代以后，争论的焦点又移到了战国汉唐铜镜是否存在镀锡上。今先看一下“鋈”字，铜镜表面处理之事后面再谈。“鋈”字在“小戎”篇中一共提到了三次，曰“游环胁驱，阴靷鋈续”，曰“龙盾之合，鋈以觼軜”，曰“俴驷孔群，厹矛鋈錞”。对这“鋈”字的解释，历来就存在两种不同观点：一说它指白色金属。《说文解字》:“鋈，白金也。”二说它指外镀工艺。刘熙《释名·释车》:“鋈，沃也，冶白金以沃灌靷环也。”即是说，刘熙认为“鋈”即是镀白金。今人张子高也支持这一观点，并进一步认为此“白金”即是锡[112]，“鋈”即是镀锡。我们认为，张子高说当是可相信的。

（二）镀金

汉代谓之“涂金”、“黄金涂”，今俗又谓之“鎏金”。操作要点是将金汞齐粉涂到洁净的铜器表面，令汞挥发后，器物表面便留下了一层薄薄的黄金。主要用于各种铜质的日用器、车马器、兵器、工艺品和建筑构件的装饰，至迟发明于战国早期。1957年河南信阳长台关1号楚墓出土的镀金铜削2件、镀金铜质鼓环2件，2号墓出土有镀金长方形铜板50件，断代战国早期[113]；1982年，浙江绍兴306号战国初期墓出土有镀金嵌玉饰[114]。在此有一点值得注意的是：镀金和包金有时不易分辨，多件早期饰金器物，原报道说是镀金的，后来都订正为包金。战国中晚期，镀金技术有了一定发展，西汉便广泛地使用起来，并沿用至今。

（三）硫化处理

这是一种表面渗入工艺，约发明于春秋晚期，之后便一直沿用了下来。今日所见相关器物计约9件：春秋晚期越王勾践剑等[102][115]、包山战国剑形矛等[116][117]、雨台山战国铜戈、藤店战国铜镞等[118]。从科学分析看，约有三种不同类型：

高硫型。包括包山剑形矛、铜削、车軎、雨台山铜戈、藤店铜镞计5件，通体漆黑，或灰绿，有的稍带光泽。表面含硫较高，在诸组分中，硫仅次于铜而占第二位。5件标本12个分析点的表面平均成分为：铜72.310%、硫12.915%、锡4.888%、铅0.417%，以及少量铁、硅、铝；包山车軎表面含硫最高，平均值达17.298%。

高铅高硫型。包山鸟首车饰包皮1件，表面含铅、含硫都较高，表面平均成分为：铜60.005%、铅23.59%、硫12.695%，未显示出锡。

局部含硫型。包括越王勾践剑、与之伴出的同纹无铭剑、包山木樽戈3器。表面成分的最大特点是：漆黑部分（包括底色和花纹）都含硫，红黄色部分则不含硫。越王勾践剑黑色直线纹和剑格（黑色）的平均成分为：铜60.2%、锡31.025%、铅4.275%，硫1.825%。可见此表面含硫量较低，但其成分分布呈现一定规则。

硫化处理主要用作装饰，其操作工艺尚难了解，不能排除高温操作的可能性[117]。此外，我国古代青铜兵器上的物理化学类花纹也很引人注意，较为重要者



约有四类：（1）龟裂纹，主要应是半永久型的涂料开裂所致。（2）黑色蝌蚪纹和黑色虎斑纹。（3）白色银斑纹。（4）暗花菱形纹。后3种可能都与镀锡、填锡和特殊物理化学处理有关。

七、金银铅锡汞的加工和使用

除铜外，我国在先秦使用过的有色金属还有金、银、铅、锡、汞，但其冶炼技术的发明年代却各不相同。

（一）金银

我国古代的金银加工技术约始于四坝文化时期，春秋战国便有了一定发展。早期黄金器多是锻制的，亦有部分型压，但也较早便出现了范铸。

我国今见较早的金银器有：（1）1976年玉门火烧沟所出金耳环、金鼻饮、银鼻饮[9]。（2）1987年民乐东灰山四坝文化遗址所出金耳环[119]。此两例年代约与夏相当。（3）昌平雪山第三期文化遗迹所出金耳环[120]，年代约与夏至商代中期相当。（4）1974～1983年，赤峰大甸子夏家店下层文化所出金耳环，据^{14}C测定为公元前1600年[11]。属商代中期的有：（1）1977年，北京平谷刘家河商代中期墓所出金臂钏、金笄、金耳环、金箔残片；从外形考察来看，其中的笄当为铸件[91][121]。（2）1973～1974年，河北藁城台西村商代中期墓葬所出阴刻云雷纹圆形金饰片[122]。（3）1952～1955年，郑州商城出土一片夔龙纹金箔[123]。

商代晚期，中原文化区、巴蜀文化区和北方草原文化区所出黄金器都明显增多，如四川广汉商代晚期墓出土有金面罩、虎形饰（皆模压而成）。殷墟出土有金箔，厚度仅0.01毫米。春秋战国时，黄金使用和加工技术在全国范围有了进一步发展，金银错、镀金等技术较多地使用起来。楚国出现了黄金币，山东、浙江、湖北等地还出土了少量金银器皿等。尤其值得注意的是，1992年宝鸡益门春秋晚期墓出土了100多件（组）金器，多为浇铸，具有极高的工艺水平，如其铁剑金柄，饰作精巧的蟠螭纹和兽面纹，金带钩作成圆雕鸳鸯形等[124][125]。1978年，随县侯乙墓出土金器约3600多克，其中一件金盏重2.156千克，这是迄今出土最重的一件黄金器皿。先秦时期，中原文化区与北方草原文化区的黄金制品存在不少差异，前者多数是用来装饰器物的，后者则多用于装饰人体[125]，这显然与人们的生活条件有关。

白银的出土和使用量一直较少，战国早期之后才逐渐增加起来。1977～1978年，曲阜鲁国故城墓葬出土圆形金带饰大小两种13枚、三角形金带饰3枚、金叶2枚，以及猿形银饰1枚、镶嵌绿松石片银带钩1枚、银带钩1枚、银条筹1束，皆属战国早期[126]。信阳长台关战国早期墓出土有2件错银饰、1件错金银铁带钩等[127]。

模压法在古代金银器加工中使用较多。除上所述，还有曲阜鲁国故城战国早期墓出土的圆形金带饰和三角形金带饰等，其饰纹皆模压而成。曾侯乙墓金箔最薄的达0.037毫米，其上多有压印花纹，也是模压的。金银压花工艺一般为：（1）制模具。金银质软，模具可用金属铸成，也可硬木雕成。（2）将金银打成薄片。（3）型压。（4）退火。相当长一个时期内，金银器之压花，当是我国古代金属型压的主要内容。三星堆黄金加工大约采用过模压和捶鍱两种操作。

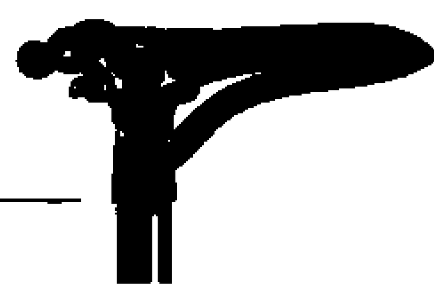
有一点需指出的是：人们使用和加工了黄金白银，但不等于冶炼出了黄金白银，因它们在地壳内都有自然金属存在。金、银之冶，可能都稍晚于四坝文化时期。自古至今，人们开采的金大体上都是自然金。获取黄金，或说冶炼黄金的基本工艺环节：一是淘金，二是使之与少量杂质分离。这第二步中，最为简单的方法便是熔炼；一经熔炼，便有夹杂分离，这便是最为简单的黄金冶炼。所以，如若刘家河金笄确为铸件的话，黄金冶炼术便可上推到商代中期。白银在自然界中多以硫化物的形式，伴生于铜、铅、锌等矿中，从这些化合态中还原银是较为麻烦的，但其也有少量单质，故不能排除火烧沟银鼻饮，以及《禹贡》“梁州”所贡之银，皆属自然银的可能性。我们推测，白银冶炼术很可能是春秋晚期至战国早期才发明出来的。

（二）铅锡

今见较早的铅器有：二里头三期遗存出土的铅块（IVH76：48）[52]，赤峰大甸子夏家店下层文化出土的铅杖首和铅贝[11]，它们的年代约与夏末商初相当。商代晚期有了较大的增长，安阳殷墟出土过11种57件铅器，种类有鼎、簋、觚、爵、戈、锛、凿、锥、刀、镞等[129]。今在考古发掘中所见年代最早的纯锡器属商末周初，是锡戈，计7件，安阳大司空村出土[128]，时间较纯铅器稍晚，数量亦稍少，其实在整个先秦时期，纯锡器都较纯铅器为少。产生这种现象的原因是多方面的，与资源条件、锡的性能和用途等因素都有一定关系。但一般认为，我国炼锡技术与炼铅技术的发明期应相差不远，夏末商初我国就生产和使用了部分含锡量不低的锡青铜，便是一个证据。早期锡青铜中至少有一部分应是人们用纯锡有意配置的。古代锡、铅的用途主要有四种：（1）配制铜合金。（2）配制铅锡焊料。（3）作镀料；我国古代主要是镀锡。（4）制作少量纯锡、纯铅器。此外锡还可制作锡箔。两周时期，随着青铜合金技术、焊接技术、外镀技术的发展，铅、锡也越来越受到人们的重视。文献上关于铅、锡的记载也较早，《禹贡》曾说青州厥贡“丝枲鈆松怪石”。此“鈆”即是铅。《禹贡》说扬州“厥包橘柚锡贡”。

（三）汞

我国古代对汞矿，即丹砂的接触和利用很早，秦安大地湾仰韶文化晚期的陶彩中便发现过丹砂。二里头遗址也曾多次出土，如1980年发掘时，多座墓底都有丹砂铺垫，最厚的达6.0厘米[2]。先秦文献关于丹砂的记载较多。《逸周书》卷七“王会解”说：“方人以孔鸟，卜人以丹沙”向周天子（成王）进贡。卜人，晋孔晁注：“西南之蛮，丹沙所产。”《穆天子传》卷三载：“天子赐之黄金之婴、贝带、朱丹七十裹。”但我国古代用汞和人工炼汞的时间目前尚难定论，比较确凿的资料是春秋时期。主要依据是此时已较多地用汞殉葬。唐魏王李泰《括地志》下云：“齐桓公墓在临淄县南二十一里牛山上，亦名鼎足山，一名牛首岗，一所二坟。晋永嘉末人发之，初得版，次得水银池。”齐桓公于公元前685～前643年在位。《艺文类聚》卷八“山部下・虎丘山”引《吴越春秋》云：“阖庐死，葬于国西北，名虎丘……冢池四周，水深丈余，椁三重，倾水银为池，池广六十步。”吴王阖闾属春秋晚期。这些记载当属可信。在自然界虽存在自然汞，但数量如此之大，恐难满足需要。若再结合镀锡技术的情况看，说我国用汞、炼汞的时间始于春秋或稍



早都是可能的。

人类早期使用的汞当是自然汞，之后才是冶炼汞。我国古代关于自然汞的记载见有多处，如南宋周去非《岭外代答》云："邕江右江溪峒……有一丹穴，有真汞出焉。穴中有一石壁，人先凿窃，方二三寸许，以一药涂之，有顷，真汞自然滴出，每取不过半两许。"最早的炼汞法大约是低温焙烧法，将丹砂（HgS）置空气中焙烧，利用空气中的氧与硫作用，以达汞硫分离。反应式为：$HgS + O_2 = Hg + SO_2 - 60$ 千卡。此反应一般在285℃便开始，汞的沸点为357.253℃，而一般焙烧都远远高于这一温度，故汞还原出来后，需及时冷凝。生成的二氧化硫逸出，汞冷凝，并收集起来，冶炼便告完毕。

八、炼铁炼钢技术的发明

人类最早使用的铁是自然铁，主要是陨铁。从现有考古资料看，我国古代使用的陨铁始见于商周时期，计有4起7件：（1）传为1931年河南浚县出土陨铁刃铜钺、陨铁刃铜戈各1件，皆已流落海外。原断代西周。（2）1972年藁城台西商代中期遗址出土铁刃铜钺1件。（3）1977年北京平谷县刘家河商代中期墓出土铁刃铜钺1件。（4）1990～1991年，三门峡虢国墓出土铜内铁援戈1件、铜銎铁锛1件、铜柄铁削1件，断代西周晚期[130]。陨铁的使用，增加了人们对金属使用和加工性能的了解。

在现有考古资料中，中原地区的人工冶铁炼钢技术约发明于西周晚期。1990～1991年，虢国墓出土玉柄铜芯铁剑、铜内铁援戈、铜骹铁叶矛各1件，计3件，皆铜铁合制，前者和后者都定成了块铁渗碳钢，次者为块炼铁[130]。这是中原文化区迄今所见最早的钢铁器。

春秋时期，钢和铁的使用量逐渐增多。今见于考古发掘，属春秋早期及其稍后的铁器有：甘肃灵台铜柄铁剑（块铁渗碳钢）[131]、永昌铁锸[132]、陕西长武县铁匕首[133]、陇县铜柄铁剑[125][134]、北京延庆铜柄铁刀[135]。属于春秋中晚期之后的钢铁器物，则在河南淅川、陕西凤翔、宝鸡益门、江苏六合程桥、吴县[136]、湖南长沙杨家山、长沙龙洞坡、常德、河南登封、新郑唐户、甘肃庆阳、九江磨盘墩[137]、山西天马—曲村[136]、湖北大冶铜绿山，以及云南江川[138]等处都有出土。这些器物中，上可达春秋中期，下及春秋战国之际。其种类有：玉柄铁剑、金柄铁剑、铜柄铁剑、钢剑、金首铁刀等兵刃器，铁斧、铁锛、铁削、铁锸、铁铲等生产工具，鼎形器、铁箍等生活用器。早期钢铁器物相当大部分是用在兵刃器上的。

经统计，由西周晚期到春秋晚期，在中原文化区，连同云南江川在内，出土过钢铁器物的地方计约20余处，其中有生铁、熟铁、钢和可锻铸铁。生铁如六合程桥铁丸等[139]，这是迄今所知我国最早的生铁。熟铁有虢国墓铜内铁援戈[130]、六合程桥铁条等[139]。直到春秋晚期为止，鉴定过的钢制品至少5件，即虢国墓出土的玉柄铜芯铁剑、铜骹铁叶矛[130]、灵台铜柄铁剑[131]、杨家山钢剑[140]、吴县铁铲[136]。看来，我国古代的炼钢技术与炼铁技术大体上是在同一历史时期发明出来的。

新疆地区冶铁用铁的年代也较早，今日所见其最早的铁器相当于商代晚期到



西周早期；至与春秋相当的年代，便普遍地使用起来。1981 年，哈密焉不拉克墓地出土铁器 7 件，有刀、剑、戒指各 1 件、残铁器 4 件，经 ^{14}C 测定，刀距今 3240 ±135 年，剑和戒指约相当于西周早、中期以前。此外，在乌鲁木齐等地还发现了公元前 1000～前 400 年的铁器，如刀、短剑、镰、锥、铁釜等[141]。至于新疆早期铁器与西亚是否存在某种联系，目前尚无确切资料，也不能排除独自发明的可能性。

战国中晚期，钢铁技术有了较大发展，主要表现是：（1）由于生铁冶铸和可锻化退火技术的发展，铁器在全国范围迅速推广开来。目前南到广东、广西，北到辽宁，西到四川，东濒大海的许多地方都有战国铁器出土，数量之多，种类之众，分布地域之广，都是前所未有的。如河南辉县固国村 5 座魏墓，出土铁器达 93 件，种类有铁口犁、铁口锄、铁镢、凹字形锄、铲、方鉴斧、片状斧、铁削、凿、小刀、镰、匕首、钳形器、铁钉，以及 86 件铁铤铜镞。铜器却出土不多，且多为小件器物[142]。说明铁器此时已在农业、手工业中取代了木石器，而占据了主导地位。（2）炼钢技术也有了发展。发展较快的地方主要有二：一是燕国。河北易县燕下都战国后期 44 号墓出土了 79 件钢铁器物，有人分析过其中的 6 件兵器，只有 1 把剑是块炼铁锻成，其余 5 件，即剑 2 把、戟 1 件、镞铤 1 件、矛 1 件都是块铁渗碳钢锻成的，并且其中的两把剑、一件戟还进行过淬火[143]。二是楚国。《史记·范雎列传》：秦昭王临朝叹息曰："吾闻楚之铁剑利而倡优拙。"前述长沙杨家山出土过春秋晚期钢剑。

人类最早冶炼的铁大约是在不太高的温度下，在矮小土炉中，用木炭对铁矿石直接还原而得到的，这种铁习谓之块炼铁。因炉子矮小，鼓风能力不强，还原出来的铁在炉内停留时间较短，故出炉产品是未经液态的海绵状固体块，所含硅酸盐—氧化亚铁共晶夹杂较多；炼完一炉再炼一炉，不能连续生产，生产率较低。后随着炉身的加高和鼓风能力之增强，及整个冶铁术的提高，才炼出了生铁。生铁的优点是：因炉温较高，出炉产品呈液态，基本上没有夹杂，可连续生产。先秦生铁的基本品种是白口铁，偶尔也可得到少量发展得不太充分的麻口铁和灰口铁。先秦麻口铁仅见于长沙窑岭战国早期 M15 铁鼎[140]、铜绿山战国中晚期铁锤[139]等；灰口铁只见于燕下都铁镐，以及滕县战国西汉铁块（图 2－2－5），前者组织还不太典型[144]。直到明代为止，麻口铁和灰口铁都为数不多。冶铁技术的发明和铁器的广泛使用，是人类历史上具有划时代意义的事件。由于铁合金比青铜具有更高的强度、硬度和可塑性，资源更为丰富，所以更能促进社会生产力的发展。欧洲至迟公元前 14 世纪就掌握了块炼铁技术，却是公元 14 世纪才炼出生铁的。我国块炼铁技术虽然发明稍晚，但很早就发明了生铁，使我国的钢铁技术很

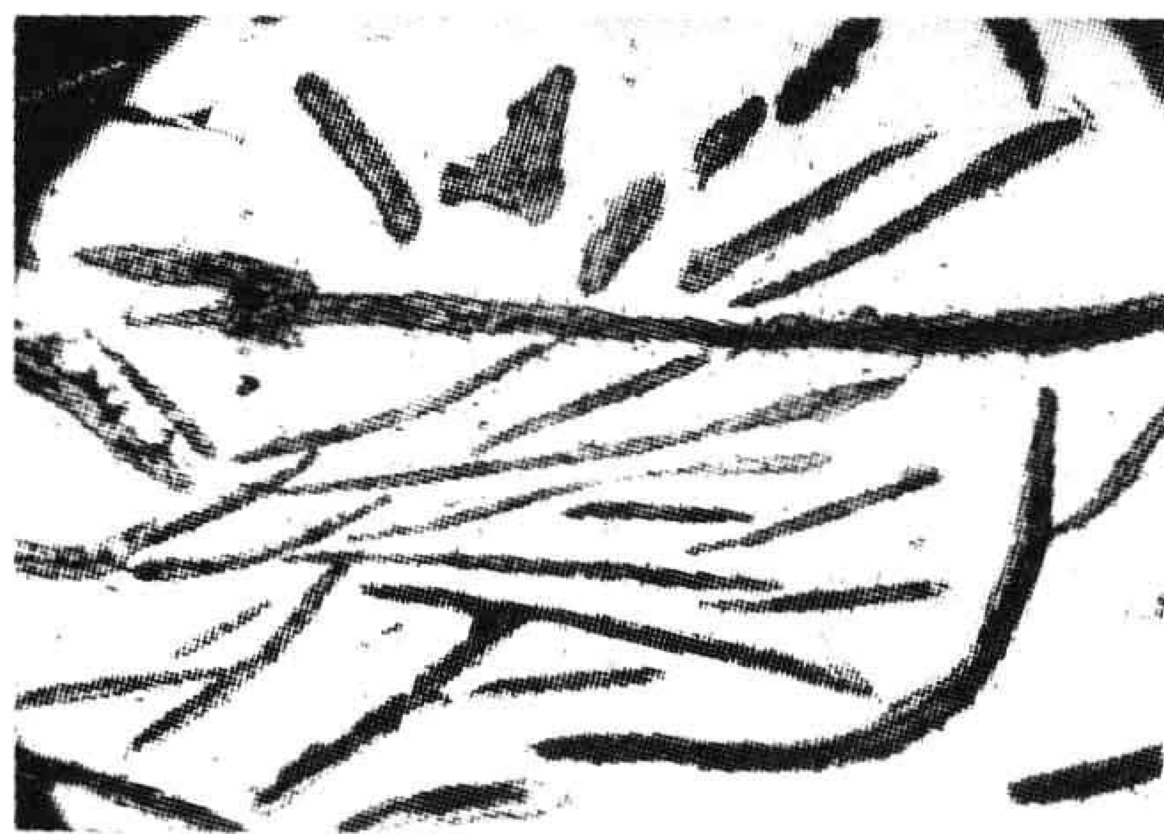
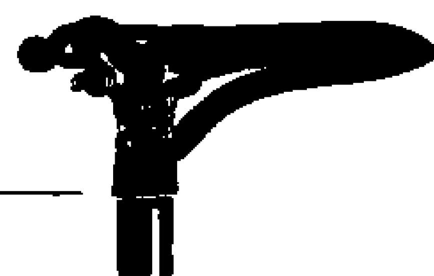


图 2－2－5　山东滕县战国西汉铁块的灰口组织（未蚀）×100

标本承滕县博物馆万树瀛提供，承北京市粉末冶金研究所任新荷分析



快就走到了世界的前面。若无生铁技术的发明，在灿烂的商周青铜文化之后，我国古代文明绝难再度辉煌。

从科学分析看，先秦制钢工艺至少有三种：（1）块铁渗碳钢。由块炼铁再次渗碳而成，如三门峡西周晚期玉柄铜芯铁剑、灵台铜柄铁剑等。（2）铸铁脱碳钢。这实际上是一种控制较好、组织和成分与钢相当的白心可锻铸铁。（3）铸铁脱碳渗碳钢。其实就是对白心可锻铸铁再次进行渗碳。此后二者，下面还要谈到。此外，可能还有一种块炼钢，这在古代世界的许多地方都可看到。它是在块炼炉内一次冶炼得到的，若块炼炉的温度稍高，或铁块在高温下停留的时间稍长，铁在还原出来后，出炉时就渗碳成了钢块，但这种工艺在我国一直未曾得到证实。此外有学者还将炒钢工艺发明期推到了战国，将登封阳城铸铁遗址出土的一件战国晚期铁凿定成了炒钢[5]，可以进一步研究。

直到20世纪末，先秦冶铸铁遗址已发现20余处：有战国早期1处，即河南登封告成铸铁遗址[5]；战国中晚期遗址至少10处，分布于河南新郑仓城、辉县共城、淇县县城、上蔡故城西城墙外、商水、西平酒店、山东滕县、河北易县燕下都、兴隆寿王坟、福州市新店古城。由战国延续到了汉代的冶铸遗址至少12处，即河南西平杨庄、西平铁炉后村、西平付庄、舞钢市许沟、舞钢市沟头赵、舞钢市翟庄、舞钢市圪垱赵、固始古城、宜阳韩城、鹤壁故城、河北邯郸、山东临淄齐故城。其中有冶铁遗址、铸铁遗址和冶铸兼用者，所出遗物主要有炼渣、木炭、矿石、炉壁残块等。西平酒店赵庄还发掘一座保存较好的战国炼铁炉[145]。但总的来说，关于先秦炼铁技术的资料还是较少的。

九、生铁铸造技术

我国古代生铁铸造技术约发明于春秋时期，战国中后期就达到了较高水平，并在筑炉、鼓风、制范、烘范等技术上，很快地形成了一整套适应于生铁铸造的操作。先秦铸铁遗址目前在河南登封告成、新郑仓城、河北兴隆等地都有发现。

登封阳城出土有大量战国早、晚两期的铸铁炉残块。据考察，战国早期熔炉大体上可分作两种类型：（1）单层炼炉，用单一草拌泥，或单一的夹砂泥条盘筑而成，炉体作圆筒形。（2）多层炼炉，各层材质不同。由外往里一般分布规律是：夹细砂泥炉衬，夹粗砂炉圈，草拌泥质、泥质或砂质的炉体砖，最外为草拌泥表层。中间三层大体上可算作炉体。由上到下，又可分作炉口、炉腹、炉缸、炉基四个部分。砂质耐火材料和耐火砖的使用，炉体之分层并加厚，显然是个较大的进步。此外，炉壁内有的还夹有铁锄板，以为坚固。战国晚期，筑炉技术又有了一些提高，主要是在炉缸等部位使用了梯形、长方形等各种不同形状的耐火砖[5]。

阳城战国早、晚两期冶铸遗址都发现有许多直角式鼓风管，有陶质和草拌泥质两种类型。空气从炉顶垂直吹入[5]。

战国铁器铸造主要有泥型（包括层叠铸造）和铁型两种。阳城战国早期遗址出土的泥模只有镢模一种，泥范却有镢范、镰范、戈范、削范、容器范、带钩范、板材范等至少13种。晚期铸铁遗址出土的泥模、泥范种类就更多，其中尤其值得注意的是：（1）在泥模中有一种是用来铸制金属模具的，说明当时已使用了金属模具，这就减少了制模工作量；（2）除一般生产工具，如镢、锛、斧、锄、镰、

凿范等之外，还有一种剑范，这种大型铁质兵刃器也使用“铸”的方法，显然受到了青铜剑工艺的影响。战国早、晚两期铸铁作坊都使用了一范多腔的工艺，如战国早期有二腔镢范、二腔镰范、五腔条材范、六腔削范；战国晚期有四腔、六腔、八腔条材范。战国早、晚两期都出土有卧式的叠铸带钩范。晚期的带钩叠铸范保存较好，一范20腔，一套2盒，一次可浇出40件产品。

战国铁范目前在河北兴隆[146]、磁县下潘汪[147]等地都有出土。兴隆铁范发现于1953年，计6种87件，包括锄范、双镰范、镢范、斧范、双凿范、车具范，有外范，也有内范，其结构紧凑，壁厚均匀，范上设有加强筋和把手，基本上符合均匀散热和抵御冷热变化的强度要求。

十、钢铁热处理技术的发明和发展

（一）钢的淬火技术

我国古代钢铁淬火技术约发明于春秋晚期，今见最早的钢铁淬火器物是长沙杨家山春秋晚期钢剑。此剑系折叠锻打而成，组织均匀致密，含碳量约0.5%，碳化物有些球化，并依一定方向排列，约与中碳钢高温回火态相当[140]。看来其很可能是经过了淬火、回火的。虽加工量、再结晶温度和保温时间，以及自然时效等，都会对锻件的组织形态产生一定的影响，但这些因素都很难获得与高温回火态相当的组织。

战国中晚期，钢的淬火技术有了一定发展。所见实物主要有河北易县燕下都M44出土的2件钢剑和1件钢戟等。此剑由两种含碳量不同的铁碳合金折叠锻打而成，高碳层含碳量约0.5%～0.6%，低碳层约0.15%～0.2%。在刃部外层，高碳部分为马氏体，低碳部分为带有铁素体的细珠光体，并有少量索氏体（细珠光体）[143]。另外，荆门包山铁棺钉似也显示了一种激冷组织，其白色块状物为铁素体，灰色块状物当是珠光体和某种激冷组织（图版陆，1）[116]。

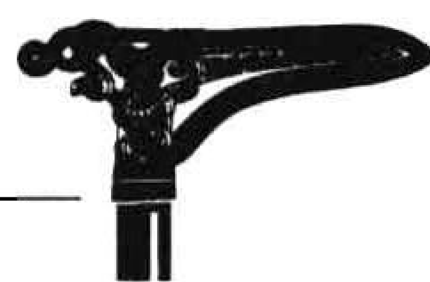
（二）钢的退火和正火技术

我国古代可锻铁之退火和正火技术约发明于战国时期。经考察，河北易县燕下都出土的1件战国铁剑等进行过退火处理，此剑整个观察面皆为铁素体，晶粒间界上有少数渗碳体析出，不见珠光体，见有许多沿剑身方向延长分布的氧化亚铁—硅酸盐共晶夹杂。燕下都还有1件钢矛、1件镞铤呈正火组织[143]。

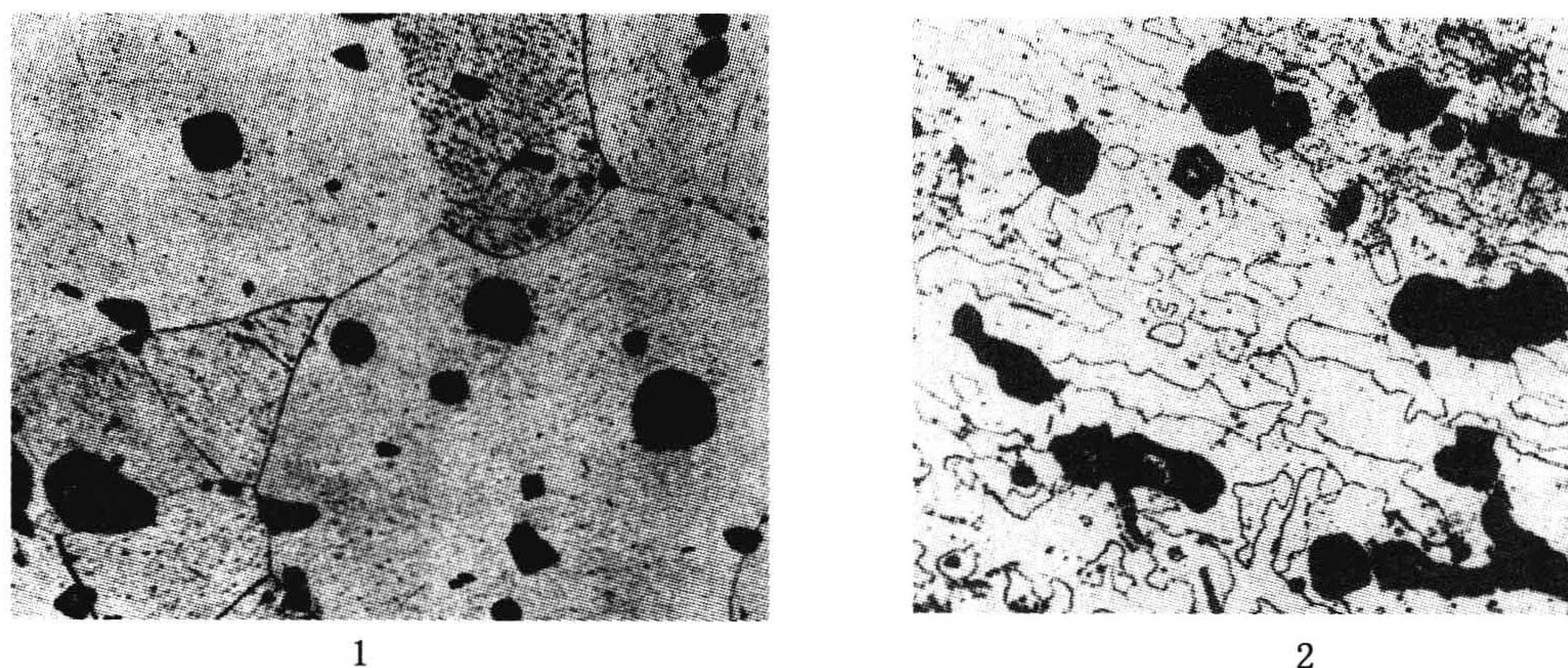
（三）生铁可锻化退火处理

生铁是既硬且脆的，极大地限制了它的使用范围，为弥补这一不足，便发明了可锻化退火处理技术，其中包括脱碳退火和石墨化退火两种工艺。它们显然是从青铜再结晶退火、消除应力退火演变过来的。

今见最早的铸铁可锻化退火处理件是河南新郑唐户南岗春秋晚期残铁板，属脱碳退火，表层脱碳，中心仍为共晶组织[148]。战国早期，此技术有了进一步发展，有人分析过6件登封阳城铁器（镬5件、锄1件），皆属脱碳退火，其中至少有3件完全脱碳成了钢和熟铁[149]。还有人分析过洛阳水泥制品厂出土的战国早期铁锛、铁铲各1件，前者为脱碳退火，后者为石墨化退火。这都是世界上最早的铸铁可锻化退火处理件。在西方，铸铁可锻化退火处理是1722年（一说1710年）才由法国人发明，石墨化退火是1826年由美国人发明出来的。



战国中晚期，铸铁可锻化退火处理技术迅速推广开来，目前在河北、河南、湖北、湖南等许多地方都出土过类似的实物。阳城战国晚期铸铁遗址还出土了3座可锻化退火炉。这个时期退火技术上的进步主要是：（1）作此处理的器物数量和种类都明显增加，既有大量生产工具、部分兵器、生活用具，而且有一部分条材、板材类半成品，待进一步加工。（2）脱碳退火有了较大发展，有的整体脱成了钢或熟铁，有时其“熟铁”又进一步渗碳成钢，使之成为先秦一种重要的制钢工艺。这种钢即所谓“铸铁脱碳钢”和“铸铁脱碳渗碳钢”，这在燕下都[144]和阳城[149]都可看到。燕下都的渗碳钢皆曾锻打，通常皆边缘含碳量较高[144]。（3）石墨化退火处理件明显增加，我们统计了57件这个时期可锻化退火处理标本，其中作石墨化退火的20件，占总数的35%。（4）在石墨化退火中，不但析出了发展得较为充分的絮状石墨，而且析出了一些球状石墨。图2－2－6所示为阳城铸铁遗址所出可锻铸铁的组织形貌[149]。图版陆，2、3、4所示为湖北包山楚墓铁斧组织形貌，表层脱碳，往里为可锻铸铁组织，中心残有生铁组织[116]，属夹生可锻铸铁，属战国中期。



1　　　　2

图2－2－6　阳城战国铸铁可锻化退火组织

1. 阳城战国早期铁鑺 YZHT2H17:33 铁素体（晶内有针状析出物）×100
2. 阳城战国晚期铁锄 YZH 采:42（铁素体＋渗碳体）＋球状石墨×250

采自文献[149]

铸铁可锻化退火技术的发明和发展，极大地改善了生铁铸件的使用性能，强度和塑性明显提高，硬脆性却降低了。这对铁范铸造尤为有利，因其易于得到白口组织，易于进行可锻化退火处理。若无可锻化退火技术的发明和推广，战国中晚期的铁器是不可能使用得如此广泛的。

（四）表面渗碳技术的发明

我国古代钢铁的渗碳技术约发明于西周晚期，实物如虢国墓玉柄铜芯铁剑和铜骹铁叶矛。战国时期的渗碳钢有两种操作，块炼铁渗碳钢和铸铁脱碳渗碳钢，前者如燕下都44号墓所出钢剑、钢戟[143]等，后者如燕下都部分剑、戟等[144]。因块炼铁渗碳的对象是整个钢料，故常把它作为一种制钢工艺；而铸铁脱碳钢件之渗碳有时渗及整个器体，有时仅及表面。若为后一情况，便相当于表面渗碳工艺。依此，我国古代金属表面渗碳技术应发明于战国时期。

第三节 制陶术的发展和原始瓷的兴起

夏、商、周时期的陶瓷技术有了较大发展：人们选择了含硅量较高的瓷土为原料，发明和发展了石灰釉；泥条筑成法和拉坯造型等更为娴熟；升焰窑技术有了提高，发明了半倒焰式馒头窑和平焰式龙窑，窑温明显提高；南方印纹硬陶发展到了相当繁盛的阶段，原始瓷在南方流行开来；陶瓷产品明显增加、质量提高，在更大程度上满足了社会的需要，文献上也出现了关于陶业管理的记载。

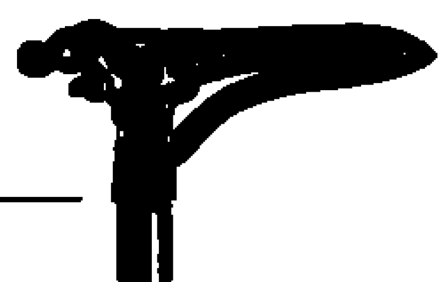
一、陶瓷技术发展的一般情况

今已发现的夏、商、周窑址较多，分布于我国南北许多地方。在偃师二里头[1]、郑州商城[2][3]、河北曹演庄[4][5]，湖北江陵纪南城[6]、浙江绍兴富盛[7]、萧山进化区[8]等地都有发现，为我们了解先秦陶瓷技术的发展提供了许多宝贵的资料。此时南方、北方都出现了一些规模较大的制陶作坊，大家较为熟悉的二里岗二期制陶作坊，面积约达一万多平方米，作坊区内发现14座陶窑，附近还有许多灰坑、陶坯、烧坏了的陶器、淘洗过的泥料，以及作为制陶工具的陶拍、菌状陶质砥手（陶垫）和印制花纹的陶印模等。该作坊出土的大量坯体，以及陶质废品和残件，都主要是盆、瓮、大口尊、簋、豆类，皆主要是泥质灰陶，夹砂陶较少。由此可以推论，它是烧制泥质灰陶为主的，鬲、甗、罐、斝、缸等夹砂陶当另有地方烧造，当时很可能已有了烧制泥质陶和夹砂陶之分工。2002年，河南新郑郑韩故城发现战国晚期大型制陶作坊，面积约5万米^2；目前已发现陶窑5座、大小作坊建筑6座、陶制排水管道15条，以及淘洗池、捶泥池、囤泥池、多种储存用的大型陶器，带有姓氏戳记的筒瓦、板瓦等[9]。在绍兴富盛和萧山进化区，目前已发现20多处比较集中，规模较大的战国印纹硬陶和原始青瓷窑，富盛长竹园窑址面积达一万平方米，在已暴露的2处窑床遗迹中，上下都叠压着5座龙窑[7]。

此期的陶瓷制品主要是灰陶，另有部分白陶和原始瓷。印纹硬陶在南方相当发达，其有泥质、夹砂质，有灰陶，也有红陶。釉陶也在部分地区有一定发展。陶器除继续大量地用作生活用器，以及纺轮、网坠、弹丸等生产工具外，此时还发展了建筑用陶和冶铸用陶。

灰陶。包括泥质和夹砂质两种，它在此期陶瓷产品中一直占据主导地位。与原始社会同样，多用于饮器、食器、盛储器等，其夹砂陶多用于炊具和大型的厚胎盛具。1987年偃师二里头二、三期出土陶器46件，唯二期1件为泥质白陶，其余45件基本上都是灰陶[10]。夏、商、周三代，多数地方都是以泥质灰陶为主，夹砂灰陶为次的。当然也有例外，如王成岗的商代前期（二里岗期）、商代后期（殷墟时期），都是夹砂灰陶居多，泥质灰陶为次的[11]。

白陶。大汶口文化晚期和龙山文化时发展到了相当高的水平，岳石文化时期，便随着东夷制陶业之衰落而开始衰落[12]。但在中原文化区，由夏到商，白陶技术却发展到了一个新的水平，目前在夏、商文化的许多遗址和墓葬都有白陶出土，属二里头文化一期的，洛阳矬李四期出土白陶1件[13]，二里头遗址出土过白陶鬶、白陶盉[10][14]。商代晚期，中原白陶发展到了它最高和最后的阶段，河北藁城台西

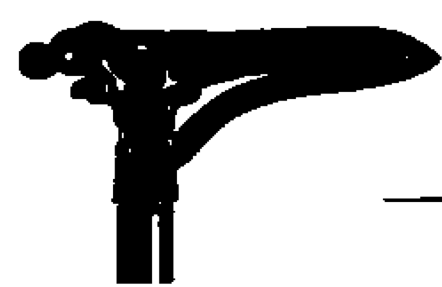


遗址上层[15]、山东济南大辛庄[16]、河南辉县琉璃阁、安阳殷墟等地都有数量不等的白陶出土，其中又以安阳为多。1978 年，安阳西北岗一座中型墓出土白陶 820 片[17]；1984 年安阳西北岗一座大型墓又出土白陶 90 多片[18]。殷墟白陶多仿青铜礼器，不但器类较多，造型规整，胎质洁白细腻，而且刻纹精美。白陶在殷墟主要见于少数贵族墓葬，当时仍是一种比较贵重的物品。西周之后，由于硬陶和原始瓷的发展，白陶很快消逝。

印纹硬陶。这是用质地稍粗的高硅质或高铝质陶土制成的强度较高的陶器。基本特征是：（1）胎质所含 SiO_2 或 Al_2O_3 较高，故烧成温度较灰陶、红陶稍高，亦比一般泥质或夹砂质陶更为细腻、坚硬，击之有金石之声。（2）主要使用泥条筑成法成型。这主要是作为原料的高硅质、高铝陶土较粗，而不宜拉坯之故。（3）表面呈现一种因拍印而形成的几何形印纹[19]。它主要用作贮盛器。印纹硬陶约出现于新石器时代晚期，江西修水山背下层、清江营盘里、筑卫城遗址下层、广东石峡文化等都有发现。新石器时代末期便有了一定的发展，筑卫城遗址中层、广东石峡文化第三期墓葬、增城金兰寺中层、福建昙石山中层等都有出土[20]。其兴盛于商至春秋，西汉衰退，东汉之后很少看到。主要流行于长江流域和东南沿海一带，尤以江西、浙江、广东一带为多。上海金山县戚家墩战国村落遗址，印纹硬陶占该期陶瓷总数的 39.9%，原始瓷占陶瓷总数的 8.1%，泥质陶和夹砂陶分别占 39.5% 和 12.5%[21]，广东始兴战国印纹硬陶占该期陶器总数的 94.3%[22]。印纹硬陶在黄河流域出现较晚，二里头晚期虽曾看到，但数量较少；二里岗时期依然不多，郑州南顺城街青铜器窖下层出土过 1 件印纹硬陶尊[23][24]。

印纹硬陶主要流行于南方，主要与南方高硅原料分布较广有关；也有学者认为它还与新石器时代晚期以来陶器的装饰传统有关，因这些地区主要继承了新石器时代中期以来的刻划和拍印技术[25]。

原始瓷和釉陶。如前所云，今见最早的原始瓷出于山西夏县东下冯龙山文化晚期遗址和江苏宜兴良渚文化遗址，稍后大家较为熟悉的是上海马桥夏至商初遗址，但直到商代早期为止，有关遗址和原始瓷出土量依然是较少的，分布地域也较窄，商代中期之后才在我国南方、北方的许多地方发展起来，在郑州铭功路、人民公园[26][27][28]、郑州小双桥、郑州商城西墙外、郑州南顺城街[29][30]、登封王城岗[11]、河北藁城、湖北黄陂盘龙城[31]、江西吴城等地都有出土，其中尤以长江下游为盛。如江西吴城原始瓷，一期文化出土有折肩罐、尊、钵、豆等；二、三期文化出土的器形明显增多，有折肩罐、大口尊、盆、钵、瓮、刀、纺轮，以及作为制陶制瓷工具的垫子等[32]。品种如此之多，应用如此之广，在中原地区是不曾见过的。南方原始瓷大约自商代中期起，至战国时代止，其产量一直呈上升趋势。我国的釉陶工艺始于何时，学术界尚无一致看法，它与早期原始瓷的关系也还区分得不太清楚，但有一点可以肯定的是，商代中期之后，釉陶在部分考古文化中开始增加。如吴城各文化期所出釉陶、原始瓷占陶瓷总数的比例分别为：一期（相当于二里岗上层）：釉陶占 3.84%，原始瓷占 0.23%；二期（相当于殷墟早中期），釉陶占 3.87%、原始瓷占 1.21%；三期（相当于殷墟晚期到西周初期），釉陶占 16.6%、原始瓷占 12.6%。浙江龙游地区大约是西周原始瓷的重要产



地之一，20世纪70年代以来，该县扁石砖瓦厂便常有原始瓷出土，仅1999年一次便出土五六十件之多，釉色晶莹，胎釉结合较好。绍兴漓渚23座中小型墓所出印纹硬陶占全部陶瓷器的50%、原始青瓷占46%[33][34]；江西清江牛头山4座战国墓出土陶瓷器26件，其中印纹硬陶15件，原始瓷8件[35]。西周后期至战国，原始瓷在南方地区已达鼎盛阶段，但在北方则几乎绝迹。战国中晚期，由于战争等因素的影响，南方原始青瓷亦出现了短暂的中断。

一个时期以来，学术界对商代北方是否生产过原始瓷一直持有不同的意见。有学者认为：郑州、盘龙城、岳阳、江陵等地所出商代原始瓷都是吴城生产的，并认为这种“原始瓷单一地区生产的情况，可能延续到西周乃至更晚”。[36]也有学者对此说表示怀疑。有关情况下面再作讨论。

建筑用陶。我国古代建筑用陶约发明于龙山文化时期，最早的器物可能是河南淮阳平粮台龙山文化晚期的地下排水管道。此整个管道由多节套合而成，节长0.35~0.45米不等，大体近于直筒形，细端0.23~0.26米，管道残长约5米余，距今约4300年[37]。夏代之后，陶质水管使用量明显增加，偃师二里头、郑州二里岗商代遗址、安阳殷墟、登封阳城战国早期遗址等都有出土。安阳所出水管数量和种类都较多，其中有一种呈三通式，与今三通水管基本一致[38]。西周时期，随着建筑业的兴起和发展，出现了大型宫殿上的筒瓦和板瓦，岐山还出土了西周古砖。战国时期，制瓦业有了进一步发展，还出现了多种形式的铺地砖和壁面砖。

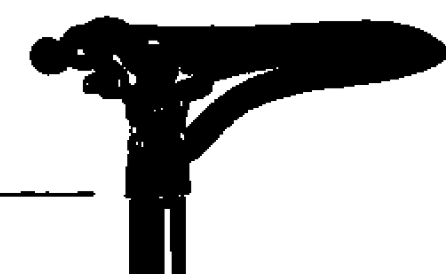
冶铸用陶。它是随着冶铸业的兴起而发展起来的，其中主要包括各种不同形式和用途的坩埚、陶范以及陶模等。其中最为讲究的应是陶范。

各地的陶瓷产品，从原料选择、加工、成型、烧造，往往都自成一个体系，且有自己独立的作坊。印纹硬陶的出现，原始瓷的发明和发展，说明当时在原料选择、加工，以及窑的构筑和烧成技术上，都达到了一个较高水平。

文献上关于陶器管理的记载在先秦许多著作中都可看到。《考工记》说到过两种陶工，一种为“陶人”，主管制甗、盆、甑、鬲、庾等；一种为“旊人”，主管制簋、豆等。文中还对这些器物的形制和质量提出了明确要求。如甗，“实二鬴，厚半寸，唇寸”，“凡陶、旊之事，髻垦薜暴不入市”。这是世界上关于陶器尺寸和质量管理的较早记载。在春秋及其之前，私营手工业是不太发达的，而战国时期出现了许多规模较大的私营制陶作坊。河北武安午汲故城等制陶作坊遗址都出土过许多带有陶文的器物（片），午汲所见有“文牛淘”、“粟疾已”、“韩口”、“史口”、“孙口”等陶文[39]。齐临淄故城出土的陶文除标出了业主的名称外，还标出了作坊所在的地点。这都反映了私营陶业的发展。

二、原料选择技术的发展

从化学成分上看，此期陶瓷原料亦包括三种类型：（1）低硅低铝型粘土，即普通易熔粘土，往往还“高铁”，主要用于普通灰陶和建筑用陶。（2）高铝低硅型粘土，其制品有白陶、印纹硬陶和原始瓷等。（3）高硅低铝型粘土，其制品主要是印纹硬陶和原始瓷器。此原料与新石器时代的原料主要差别是：（1）高镁型易熔粘土此时已经很少使用，此期白陶主要是高铝白陶。（2）高铝质、高硅质陶土在新石器时代使用较少，此期却较为流行。（3）由于青铜铸造技术的发展，此期

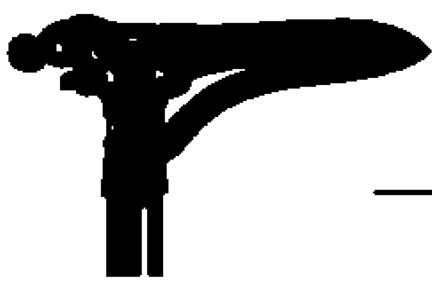


还大量地使用了陶范，其成分与陶器存在一定差别。高硅质陶土的大量使用，是商、周陶瓷技术的一大成就和特点，说明人们不但找到了这种高硅质原料，而且具备了利用这种原料的技术和设备条件，其中包括窑炉条件等。下面分别介绍。

灰陶。夏、商、周灰陶成分与新石器时代大体一致。周仁等曾分析过1件河南辉县琉璃阁殷代早期的夹砂灰陶、1件安阳五道沟殷代晚期灰陶，邓泽群等分析过5件山西垣曲商代灰陶（表2－3－1），经统计，此7件标本的成分为：SiO_2 66.26%～72.59%，平均68.76%；Al_2O_3 12.94%～17.89%，平均15.31%；Fe_2O_3 4.42%～6.78%，平均5.74%；TiO_2 0.45%～1.04%，平均0.75%；CaO 0.86%～2.23%，平均1.65%；MgO 1.22%～2.28%，平均1.73%；K_2O 2.4%～3.5%，平均2.95%；Na_2O 0.66%～1.29%，平均0.9%；MnO 0～0.7%，平均0.19%；P_2O_5 0～1.33%，平均0.46%[40][41]。一般而言，此期灰陶所含SiO_2较低，助熔剂R_xO_y含量较高，碱土金属氧化物（CaO＋MgO）总量达3%或稍高，Fe_2O_3为6%左右或稍高。

表2－3－1　　商、周灰陶陶范建筑用陶印纹硬陶原始瓷化学成分

原编号,名称	成分(%)											文献
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	烧损	
XM4,夏商原始瓷罐腹,褐	72.1	16.5	5.3	1.0	0.6	0.6	2.1	1.1	0.03	0.2		[47]
XM1,商前原始瓷罐,灰白	71.6	19.1	2.9	1.0	0.6	0.7	2.5	1.0	0.01	0.2		[47]
XM2,商前原始瓷盘,灰白	73.5	17.9	3.8	1.0	0.6	0.7	1.5	0.4	<0.01	0.2		[47]
XM3,商前原始瓷盘,灰色	75.8	16.3	1.8	1.0	0.8	0.4	2.2	1.0	0.02	0.1		[47]
52,殷代早期夹砂灰陶	66.26	17.89	5.74	1.04	2.25	1.79	2.41	0.89			1.5	[40]
31,五道沟殷代晚期灰陶	66.39	17.09	5.82	0.87	2.11	2.28	2.49	1.29	0.13		1.83	[40]
YQT－1,垣曲商城夏代夹砂灰陶	67.87	12.94	5.53	0.65	2.28	1.44	3.19	0.69	0.11	1.33	4.58	[41]
	70.68	13.47	5.76	0.68	2.37	1.5	3.32	0.72	0.11	1.38		
YQT－2,垣曲商城夏代泥质灰陶	68.31	14.22	6.72	0.89	1.39	2.06	3.47	0.94	0.12	0.99	1.16	[41]
	68.92	14.35	6.78	0.9	1.4	2.08	3.5	0.95	0.12	1.0		
YQX－1,垣曲商代前期夹砂灰陶	70.37	14.15	5.85	0.61	1.26	1.22	2.33	0.67	0.7	0.41	3.5	[41]
	72.59	14.6	6.03	0.63	1.3	1.26	2.4	0.69	0.7	0.42		
YQX－2,垣曲商代前期泥质灰陶	72.12	16.58	4.42	0.45	0.86	1.46	3.37	0.66	0.2	0.15	0.33	[41]
	72.06	16.57	4.42	0.45	0.86	1.46	3.37	0.66	0.2	0.15		
YQS－3,垣曲商代前期泥质灰陶	70.02	14.29	6.13	0.75	1.4	1.83	3.42	1.16	0.07	0.34	0.78	[41]
	70.44	14.37	6.17	0.75	1.41	1.84	3.44	1.17	0.07	0.34		
3,郑州二里岗早商陶范	76.61	10.76	2.47	0.45	1.12	1.03	2.26	1.76			2.72	[43]
5,安阳殷墟晚商陶范	74.06	12.27	3.05	0.47	2.24	1.41	2.3	1.8			2.1	[43]
6,安阳殷墟晚商陶范	73.0	11.91	3.06	0.47	2.69	1.38	2.23	1.73			3.1	[43]
20,洛阳西周铸铜址陶范	70.11	11.47	4.15		4.71	1.11	2.22	1.61			3.64	[43]
05,侯马东周铸铜址陶范	64.36	11.53	3.97	0.66	6.51	1.83	2.37	1.73	0.07	0.18	6.37	[43]
32,郑韩战国铸铜址陶范	77.59	12.18	3.03	0.42	1.12	1.16	2.14	0.72			0.41	[43]
33,郑韩战国铸铜址青砖	69.78	15.84	5.03	0.58	1.34	1.99	2.81	1.3			1.06	[43]
28,侯马铸铜址东周陶管	58.95	14.96	5.46	0.49	8.62	3.22	2.76	1.33			2.35	[43]
1,殷代陶水管	66.49	16.97	6.46	0.80	2.84	1.98	2.98	1.32	0.14			[42]
2,西周板瓦	67.39	15.99	6.11	0.82	1.42	2.77	3.34	2.08	0.08			[42]
3,战国制陶作坊铺地砖	68.17	15.13	6.52	1.32	1.33	1.88	2.84	1.34	0.11			[42]
40,安阳商代晚期白陶	49.14	41.21	1.72	3.34	0.6	0.82	0.74	0.17	0.03		1.88	[40]
Sh17,湖南宁乡黄村商代印纹硬陶	71.24	19.19	3.03	0.97	0.53	0.74	2.41	0.8	0.03	痕	0.89	[44]
	71.93	19.38	3.06	0.98	0.54	0.75	2.43	0.9	0.03			



（续表）

原编号,名称	成分(%)											文献
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	烧损	
Sh6,吴城商代印纹硬陶	66.52	23.17	4.39	1.45	0.2	1.01	2.9	0.2				[44]
Sh5,安阳殷墟商代印纹硬陶	71.66	18.6	3.66	0.85	0.68	0.83	2.26	1.06	0.02		1.16	[44]
	71.96	18.68	3.68	0.85	0.68	0.83	2.25	1.06	0.02			
Zhj2-(3),营盘山商印纹陶	69.77	21.17	4.73	1.35	0.11	0.42	1.0	0.16	0.02	0.06		[44]
Zhj6,营盘山商代印纹陶	79.21	13.06	6.01	1.38	0.12	0.78	0.14	0.09	0.01			[44]
Zhj17,营盘山商代印纹陶	71.81	18.67	5.61	1.31	0.17	0.49	1.54	0.26	0.02			[44]
ZS6,营盘山商代印纹陶	70.08	21.15	5.21	1.33	0.21	0.57	0.47	0.09	0.02	0.04		[44]
ZS15,峡口商代印纹陶	65.36	24.58	5.98	1.19	0.4	0.18	1.5	0.56	0.02			[44]
ZS7,江山沅口商代印纹陶	71.36	18.08	5.15	1.02	0.4	0.49	3.45	0.98		0.07		[44]
ZS9,江山乌里山商印纹陶	64.53	21.84	8.76	1.12	0.39	0.94	1.34	0.38	0.02	0.05		[44]
ZZ16,地山岗西周印纹陶	64.4	21.26	9.35	1.23	0.28	0.81	1.63	0.46	0.03	0.04		[44]
ZZ17,江山西周印纹陶	73.96	16.27	5.05	1.08	0.29	0.4	1.37	0.49	0.03	0.07		[44]
ZZ18,江山五村春秋印纹陶	70.34	18.35	4.67	0.96	0.58	0.94	2.37	1.15	0.03			[44]
Y18,富盛窑战国印纹陶	68.59	18.84	7.14	1.1	0.3	0.91	2.37	0.72	0.08	0.13		[44]
HXZ05,河南新郑战国印纹硬陶	66.95	18.78	6.01	0.87	0.72	1.28	2.37	1.31	0.100	0.066	1.30	[44]
	68.00	19.07	6.10	0.88	0.73	1.30	2.41	1.33	0.102	0.067		
FG02,泉州商代印纹硬陶	61.11	27.71	3.74	1.08	0.33	0.69	2.67	0.44	0.04	0.048	0.34	[44]
JFL1,抚州商代印纹硬陶	65.05	24.22	4.17	1.09	0.32	1.04	2.78	0.76	0.076	0.111	0.30	[44]
JFQ1,抚州商代印纹硬陶	62.44	27.65	3.87	1.17	0.20	0.90	2.88	0.33	0.021	0.077	0.30	[44]
JNX1,南昌商代印纹硬陶	67.08	23.18	3.49	1.04	0.41	0.93	2.96	0.56	0.028	0.044	0.34	[44]
JQS17,吴城商代印纹硬陶	69.46	21.75	2.86	1.26	0.41	1.09	2.45	0.50	0.038	0.07	0.23	[44]
ZS15,江山商代印纹硬陶	65.44	24.60	5.99	1.19	0.40	0.18	1.50	0.56	0.02	0	0	[44]
JQS10,吴城晚商印纹硬陶	67.72	22.07	3.72	0.99	0.37	1.63	2.51	0.71	0.054	0.12	0.23	[44]
JYJ1,鹰潭晚商印纹硬陶	63.91	22.66	6.79	1.09	0.55	1.57	1.96	0.78	0.065	0.057	0.5	[44]
JYJ10,鹰潭晚商印纹硬陶	65.29	24.55	4.25	1.05	0.86	1.38	1.68	0.40	0.031	0.032	0.35	[44]
JYJ4,鹰潭晚商印纹硬陶	62.65	23.76	7.65	1.07	0.82	1.29	1.60	0.58	0.064	0.121	0.31	[44]
YQS-4,垣曲商前原始瓷	77.79	15.49	1.92	0.83	0.14	0.69	2.85	0.26	0.02	0.09	0.22	[41]
YQS-5,垣曲商前原始瓷	79.45	14.50	1.81	0.94	0.08	0.65	2.65	0.17	0.02	0.07	0.08	[41]
Sh8,二里岗商代原始瓷	76.38	14.91	2.27	0.91	0.67	1.18	2.06	0.97	0.09			[44]
Sh9,江西吴城商代原始瓷	73.34	18.0	2.79	1.11	0.33	0.89	2.2	0.5				[44]
Sh10 殷墟商代原始瓷	76.09	17.12	2.02	0.77	0.51	0.85	2.16	0.78	0.05		1.02	[44]
Sh12,藁城酱色釉原始瓷	73.16	18.05	3.52	1.02	0.29	1.0	2.49	0.52	0.02	痕	痕	[44]
Sh13,盘龙城黄釉原始瓷	82.84	11.56	1.62	1.11	0.33	0.5	0.91	0.13	0.01	0.58	1.32	[44]
Sh14,吴城青灰釉原始瓷	79.07	13.98	2.09	1.34	0.36	0.57	1.66	0.38	0.02	0.11	0.79	[44]
Sh15,饶平商酱釉原始瓷	67.54	26.13	2.89	1.92	0.23	0.16	0.66	0.04	0.01	0.08	1.44	[44]
Sh16,河南商青灰原始瓷	72.09	19.79	1.82	0.85	0.3	0.37	3.89	0.54	0.03	痕	0.78	[44]
YJ27,鹰潭角山商原始瓷	73.11	19.34	3.77	0.75	0.29	0.67	0.66	0.43	0.01	0.02		[52]
YJ28,鹰潭角山商原始瓷	69.85	20.28	3.99	0.74	0.44	1.30	2.02	0.40	0.02	0.02		[52]
YJ29,鹰潭角山商原始瓷	71.12	19.53	2.78	0.78	0.42	1.37	2.14	0.87	0.02	0.01		[52]
YJ31,鹰潭角山商原始瓷	70.31	19.26	4.96	0.71	0.30	1.31	1.71	0.43	0.03	0.02		[52]
YJ32,鹰潭角山商原始瓷	64.19	25.10	4.61	0.76	0.47	1.51	1.77	0.59	0.02	0.02		[52]
YJ33,鹰潭角山商原始瓷	68.43	23.82	2.61	0.78	0.48	1.01	1.54	0.33	0.01	0.21		[52]
YJ34,鹰潭角山商原始瓷	70.20	21.10	3.21	0.64	0.42	1.20	1.82	0.43	0.02	0.02		[52]
YJ35,鹰潭角山商原始瓷	66.09	24.87	4.33	0.92	0.37	0.88	0.95	0.60	0.01	0.16		[52]
ZhJ3,乌里山青釉原始瓷	76.56	17.16	1.94	0.93	0.18	0.55	3.24	0.12	0.01	0.02	0.6	[44]
HZH1,郑州青釉原始瓷	79.10	15.06	1.6	0.99	0.2	0.42	1.87	0.24	0.01	0.06		[44]



（续表）

原编号，名称	成分（%）											文献
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	烧损	
HZH2，洛阳青黄釉原始瓷	73.95	18.03	1.86	0.87	0.25	0.34	3.39	0.56	0.01	0.07		[44]
ZHJ4－1，江山地山岗西周青釉原始瓷	75.61	17.22	2.0	0.82	0.08	0.45	2.74	0.22	0.01	0.18	1.01	[44]
ZHJ4－2，江山青釉原始瓷	78.88	15.73	1.78	1.16	0.08	0.47	2.51	0.15	0.02	0.06		[44]
ZHJ4－3，江山青釉原始瓷	72.08	21.05	2.08	0.8	0.18	0.44	3.32	0.37	0.02	0.03		[44]
ZHJZ5，江山青釉原始瓷	76.15	17.43	1.9	0.97	0.25	0.33	2.94	0.54	0.02	0.05	0.38	[44]
ZH3，张家坡西周原始瓷	72.36	19.32	1.64	0.83	1.03	0.45	3.75	1.04	0.07			[44]
ZH4，张家坡西周原始瓷	75.46	17.55	1.48	1.13	0.41	0.95	2.75	0.23	0.03			[44]
ZH5，张家坡西周原始瓷	76.16	14.40	2.88	1.59	1.21	0.47	2.86	0.65	0.05			[44]
ZH8，房山西周青釉豆足原始瓷	76.61	16.90	2.07	0.75	0.26	0.53	2.39	0.19	0.02	痕	1.19	[44]
ZH9，扶风青灰釉原始瓷	74.48	14.41	1.54	0.92	0.12	0.29	3.58	0.21	0.01	0.06		[44]
Zh10，浙江德清皇坟山西周青灰釉原始瓷	79.84	13.40	2.07	1.12	0.25	0.66	1.80	0.46	0.02	痕	0.98	[44]
M－668，洛阳北窑西周青绿釉原始瓷	75.40	16.30	1.36	0.91	0.42	0.28	4.34	0.65	0.03		0.95	[44]
M－37，洛阳北窑西周褐绿釉原始瓷	73.18	18.75	1.72	0.68	0.27	0.58	3.44	0.83	0.03		1.27	[44]
M－250，北窑黄釉原始瓷	73.52	18.43	1.58	0.9	0.43	0.43	3.67	0.68	0.05		0.54	[44]
M－198，北窑青釉原始瓷	77.61	16.74	1.22	1.1	0.27	0.47	2.58	0.17	0.06			[44]
M－32:5，北窑青釉原始瓷	75.32	18.58	1.34	1.0	0.2	0.42	3.05	0.35	0.03		0.11	[44]
1:67，屯溪青釉原始瓷	71.95	19.28	1.83	1.11	1.48	0.51	3.24	0.57	0.03			[44]
TI201，屯溪青釉原始瓷	71.86	19.4	0.99	0.59	0.32	0.31	3.84	0.77	0.05	0.04	1.11	[44]
Zh11，浙江肖山茅湾里东周青灰釉原始瓷	79.64	13.72	1.69	0.7	0.38	0.45	2.51	0.73	0.02	痕	0.65	[44]
Zh12，浙江绍兴富盛窑东周青灰釉原始瓷	76.6	15.27	2.13	1.19	0.41	0.62	2.32	0.77	0.02	0.1	1.1	[44]
Y1G，富盛窑东周原始瓷	75.73	15.54	2.34	1.09	0.47	0.63	2.43	0.69	0.03	0.09		[44]
Z1，吼山春秋碗类原始瓷	78.76	14.84	2.07	0.74	0.17	0.45	1.99	0.38	0.019	0.062		[46]
Z2，吼山春秋碗类原始瓷	78.46	14.82	1.80	0.86	0.13	0.41	2.2	0.50	0.02	0.059	0.85	[46]
SY－31，上虞黄绿釉原始瓷	76.75	16.28	2.02	1.23	0.4	0.25	2.85	0.35	0.07			[44]
Zh7，宜兴獾墩东周原始瓷	75.98	16.32	2.23	1.06	0.33	0.51	2.13	0.71			1.17	[44]
Zh2，侯马东周浅黄釉原始瓷	78.81	14.15	1.97	1.25	1.0	1.13	1.36	0.55	0.04			[44]
50件三代原始瓷平均值	74.62	17.57	2.36	0.96	0.4	0.65	2.43	0.51	0.03	0.06	0.35	
8件角山原始瓷平均值	69.16	21.67	3.78	0.76	0.40	1.17	1.58	0.51	0.02	0.06		
11件高铝印纹硬陶平均	64.78	24.38	4.93	11.28	0.44	0.98	2.27	0.53				
8件高硅印纹硬陶平均	72.70	17.93	4.80	1.11	0.37	0.66	1.75	0.62				
6件中铝硅印纹硬陶平均	67.37	20.63	6.48	1.16	0.37	0.91	1.86	0.59				
45件高硅原始瓷平均值	75.44	16.86	2.21	0.97	0.40	0.61	2.55	0.52				
4件高铝原始瓷平均值	65.56	24.98	3.61	1.10	0.39	0.89	1.23	0.39				
1件中硅中铝原始瓷成分	69.85	20.28	3.99	0.74	0.44	1.30	2.02	0.40				

注：（1）有的标本原无编号，为区别起见，今新加了一个编号，如文献［46］的Z1、Z2等。

（2）因表格较窄，部分标本的产地和色态等皆表述得不太完整，今补充说明如下：XM4，马桥 IITD203，夏商之际原始瓷罐腹，深褐色。XM1，马桥 IIT1021③B，商前期原始瓷罐腹，灰白。XM2，马桥 IIT62③C：3，商前期原始瓷豆盘，灰白。XM3，马桥 IITG21③，商代前期原始瓷豆盘，浅灰色。52，琉璃阁殷代早期夹砂灰陶。31，安阳五道沟殷代晚期灰陶。20，洛阳铁路中学西周铸铜遗址陶范。32，郑州大吴楼郑韩战国铸铜遗址陶范。33，郑州大吴楼郑韩战国铸铜遗址青砖。Zhj2－3，浙江江山营盘山商代印纹硬陶。ZS15，浙江江山峡口商代印纹硬陶。ZZ16，浙江江山地山岗西周印纹硬陶。ZZ17，浙江江山淤头西周印纹硬陶。ZZ18，浙江江山五村春秋印纹硬陶。Y18，浙江绍兴富盛窑战国印纹硬陶。Sh12，藁城商代酱色釉原始瓷。ZhJ3，浙江江山乌里山商代青釉原始瓷。HZH1，郑州商代青釉原始瓷。HZH2，洛阳西周青黄釉原始瓷。ZHJ4－2，浙江江山地山岗西周青釉原始瓷。ZHJ4－3，浙江江山地山岗西周青釉原始瓷。ZHJZ5，浙江江山大麦山西周青釉原始瓷。ZH3，陕西张家坡西周原始瓷。ZH9，陕西扶风周原西周青灰釉原始瓷。M－250，洛阳北窑黄绿釉原始瓷。M－198，洛阳北窑西周青釉原始瓷。1：67，安徽屯溪西周青釉原始瓷。TI201，安徽屯溪东周青釉原始瓷。Y1G，浙江绍兴富盛窑东周原始瓷。Z1，绍兴吼山春秋中晚期碗类原始瓷。SY－31，浙江上虞东周黄绿釉原始瓷。Zh2，山西侯马东周浅黄釉原始瓷。FG02，泉州南安飞瓦岩商代印纹硬陶。JFL1，江西抚州雷劈石商代印纹硬陶。JFQ1，江西抚州棋盘垴商代印纹硬陶。JNX1，江西南昌新祺商代印纹硬陶。JQS17，江西清江吴城商代印纹硬陶。ZS15，浙江江山陕口商代印纹硬陶。JQS10，江西清江吴城商代晚期印纹硬陶。JYJ1，江西鹰潭角山商代晚期印纹硬陶。JYJ10，江西鹰潭角山商代晚期印纹硬陶。JYJ4，江西鹰潭角山商代晚期印纹硬陶。

（3）山西垣曲商代前期原始瓷标本等，一件标本有两组分析数据，今取其平均值。

建筑用陶。张子正[42]、谭德睿[43]分析过 5 件商到战国的建筑用陶成分，其中有板瓦、陶管、铺地砖，与灰陶大体属于同一成分范围（表 2－3－1）。平均成分为：SiO_2 66.16%、Al_2O_3 15.78%、Fe_2O_3 5.92%、TiO_2 0.8%、CaO 3.11%、MgO 2.37%、K_2O 2.95%、Na_2O 1.47%、MnO 0.07%。可见其含硅、含铝量亦不高，唯含（CaO＋MgO）总量稍高。

陶范。含硅量较灰陶稍高。谭德睿分析过 6 件出土于郑州二里岗、安阳殷墟、洛阳铁路中学（西周）、侯马（东周）、郑州大吴楼（战国）的陶范（表 2－3－1），平均成分为：SiO_2 72.62%、Al_2O_3 11.69%、Fe_2O_3 3.29%、TiO_2 0.41%、CaO 3.07%、MgO 1.32%、K_2O 2.25%、Na_2O 1.56%、MnO 0.01%、P_2O_5 0.03%、烧损 3.06%。在这 6 件试样中，只有一件的 SiO_2 低于 70%。可见“陶范”的成分与陶器是有差别的：（1）陶范含硅量稍高，这具有尤为重要的意义。因石英石加热时膨胀系数较大，加热至 573℃后，石英发生相变，体积更加膨胀，从而减少了泥料因加热收缩而引起的变形和陶范的变形、开裂。更为重要的是：石英可提高陶范的耐火度[43]。易熔粘土型陶器的烧成温度为 1000℃～1050℃，这一温度适与青铜浇铸温度相当，以易熔粘土制范显然是不适宜的，故一般陶范的成分皆超越了易熔粘土范围。有学者分析过 1 件临淄出土的汉代铜镜的陶范，其 SiO_2 含量高达 79.29%[43]。（2）陶范含 CaO 和 MgO 量稍低，可减少焙烧过程中碳酸盐的分解而引起的结构变化。（3）陶范含 Fe_2O_3 等熔剂量稍少，这可提高其耐火度。

在此有一点需说明一下：“陶范”虽冠之以“陶”，但其质并非是陶，而是介于陶与泥之间的以硅酸盐为主的一种人工烧制物，故又有人称之为“泥范”。其与

“陶器”的主要区别是：陶范只作了焙烧，未达到陶化的高温；焙烧过程中，陶范各组份的边缘并未熔合、粘合在一起，大体上依然处于一种相对松散的状态，其中没有玻璃相；陶器在烧造过程中，各组份的边缘是要熔合、粘合在一起的，再不是松散的泥块，其中有数量不等的玻璃相。陶范与“泥”的主要区别是：它作了焙烧，SiO_2 发生了相变，碳酸盐多已分解。

白陶。在南方，因印纹硬陶和原始瓷都得到了较大发展，白陶已退居到较为次要的地位，但在北方，高铝白陶却发展到了较高水平。周仁等曾分析过一件殷墟出土的白陶片，成分为：SiO_2 49.14%、Al_2O_3 41.21%、Fe_2O_3 1.72%、TiO_2 3.34%、CaO 0.6%、MgO 0.82%、K_2O 0.74%、Na_2O 0.17%、MnO 0.03%[40]，可见其 Al_2O_3 量较高，Fe_2O_3 较低，但着色能力较强的 TiO_2 却不低；助熔剂总量 R_xO_y 较低，（CaO + MgO）计为 1.42%。殷墟 260 号墓发掘的 90 多件白陶片中，有的极白，有的却稍稍泛红[18]，与 Fe_2O_3 和 TiO_2 之存在无疑是有关的。

几何印纹硬陶。李家治分析过不少印纹硬陶，表 2－3－1 示出了其中的 25 件[44]，有 23 件属于南方（湖南宁乡、浙江绍兴、江西南昌、福建泉州各 1 件，江西抚州 2 件，江西吴城、鹰潭各 3 件，江山 11 件），2 件属河南（殷墟、新郑各 1 件），其年代分属商代至战国。经统计，此 25 件标本约可分成三种类型：（1）高硅型，即含 SiO_2 量高于 70%，含 Al_2O_3 量低于 22% 者，计 8 件，平均成分为：SiO_2 72.7%（70.08% ~79.21%），Al_2O_3 17.93%（13.06% ~21.84%）。（2）高铝型，即含 Al_2O_3 量高于 22%，SiO_2 量低于 70% 者，计 11 件，平均成分为：SiO_2 64.78%（61.11% ~67.72%）、Al_2O_3 24.38%（22.0% ~27.71%）。（3）中硅中铝型，即其 SiO_2 稍低于 70%，Al_2O_3 稍低于 22%，计 6 件，平均成分为：SiO_2 67.37%、Al_2O_3 20.63%。从平均成分看，三种印纹硬陶的 SiO_2 和 Al_2O_3 含量都是较高或稍高的，助熔剂 R_xO_y 含量较灰陶有所降低，其中 CaO 和 MgO 的总量已降至 1.5% 左右，与原始瓷大体一致。Fe_2O_3 仍然较高，波动范围是 3.05% ~9.35%。看来，印纹硬陶的原料应是一种含硅量较高，或含铝量较高，或二者皆中高，而质地稍粗的陶土。有学者认为宜兴地区印纹硬陶的原料是一种当地名称为甲泥者[48]。在三种印纹硬陶中，高硅型数量最多，高铝型则较少，李家治分析统计过 70 余件由商代到战国的印纹硬陶，属高铝型的大约只有 20 余件。高硅型在南方、北方都可看到，北方原本是盛产高铝型粘土的，但高铝型印纹硬陶在北方却看到的较少。

原始瓷。李家治[44]、邓泽群[41]、周燕儿[46]、宋健[47]、吴瑞等先后都分析过不少的夏、商、周原始瓷，其出土地点有河南郑州、洛阳、安阳，河北藁城，北京房山，陕西张家坡、扶风，山西侯马、垣曲，江西吴城、鹰潭，湖北盘龙城，广东饶平，浙江江山、德清、萧山、绍兴、上虞，上海马桥，江苏宜兴，安徽屯溪等。表 2－3－1 列出了其中 50 件标本的成分。可见其亦可区分为三种类型：

（1）高硅型，基本特征是含硅量较高（SiO_2 含量一般大于 70%），计 45 件，平均成分为：SiO_2 75.44%（70.20% ~ 82.84%）、Al_2O_3 16.86%（11.56% ~ 21.10%）、Fe_2O_3 2.21%、TiO_2 0.97%、CaO 0.4%、MgO 0.61%、K_2O 2.55%、Na_2O 0.52%。这是先秦原始瓷的主体，尤以南方居多，北方也可看到，山西垣曲商城 1 件商代前期原始瓷的 SiO_2 含量便高达 79.71%。

（2）高铝型，基本特征是含铝量较高（Al_2O_3 含量一般大于 22%），计 4 件，平均成分为：SiO_2 66.56%（64.19%～68.43%）、Al_2O_3 24.98%（23.82%～26.13%）、Fe_2O_3 3.61%、TiO_2 1.1%、CaO 0.39%、MgO 0.89%、K_2O 1.23%、Na_2O 0.39%。这种高铝型原始瓷的数量较高硅型为少，目前主要见于南方，北方很少看到。

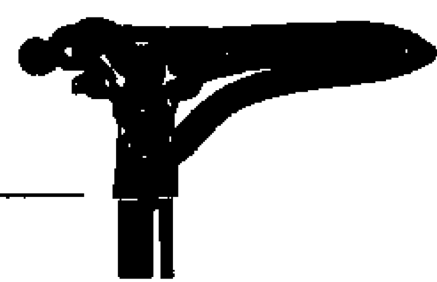
（3）中硅中铝型，基本特征是含硅、含铝量都在一个稍高而不太高的水平上（SiO_2 含量稍低于 70%，Al_2O_3 稍低于 22%），1 件，成分为：SiO_2 69.85%、Al_2O_3 20.28%、Fe_2O_3 3.99%、TiO_2 0.74%、CaO 0.44%、MgO 1.30%、K_2O 2.02%、Na_2O 0.40%。

总体上看，此 50 件原始瓷的助熔剂总量明显降低，有的较灰陶还低，（CaO + MgO）总量约在 1% 左右[44]。50 件标本助熔剂诸组分平均值为：Fe_2O_3 2.36%（0.99%～5.3%）、TiO_2 0.96%、CaO 0.4%、MgO 0.65%、K_2O 2.43%、Na_2O 0.51%、MnO 0.03%、P_2O_5 0.06%。

由上可见，在夏、商、周三代，灰陶、陶范、印纹硬陶、原始瓷的成分是有差别的，其中主要表现在下列三个方面：（1）SiO_2 和 Al_2O_3 含量不同。由灰陶到印纹硬陶，到原始瓷，逐渐升高，原始瓷的最高，灰陶的最低，陶范与原始瓷的比较接近。（2）Fe_2O_3 含量不同，灰陶（5.78%）和印纹硬陶（4.8%～6.48%）的较高，陶范次之，原始瓷（2.36%）最低。（3）（CaO + MgO）总含量不同，灰陶和陶范大体在 4% 左右，印纹硬陶和原始瓷大体为 1% 左右。印纹硬陶与原始瓷在成分上的主要区别是：前者的 SiO_2 或 Al_2O_3 含量稍低，Fe_2O_3 含量高；相同处是：两者的硅或铝含量都较灰陶为高，两者的 CaO 和 MgO 含量都较低。印纹硬陶和原始瓷的吸水率较低且较为致密，与其 CaO 和 MgO 较低是有关的。因印纹硬陶产生的年代较原始瓷稍稍早一些，且多个地方在原始社会末期便有出土，故它可看作是从灰陶向原始瓷的一种过渡，两者的原料条件稍有不同。有学者分析过江西九江磨盘墩下层出土的印纹软红陶、印纹硬陶、原始青瓷标本各 1 件，其 Fe_2O_3 量分别为：5.59%、3.95%、2.03%；同一地点，不同的陶瓷产品显示了不同的含铁量。自然，其烧成温度亦有差别，依次为：1040℃、1200℃、1310℃[45]。原始瓷的化学成分和烧成温度与陶都是不同的，原始瓷有较多的莫来石针状晶，其石英已有明显的融蚀边，还可看到较多的云母残片，玻璃态也较多，其显微结构已与瓷相近。

有一点需指出的是：人们对高硅陶土或瓷土、高铝陶土或瓷土的利用都是较早的，至迟新石器时代晚期（或说铜石并用时代），人们就用它们制出了高硅或高铝的印纹硬陶；夏、商、周三代，又用它们制出了高硅或高铝的原始瓷。但不管印纹硬陶还是原始瓷，都是以高硅为主的，我国最早使用的真瓷，亦主要是高硅制品；高铝真瓷在北方始见于北朝时期，迄唐始才兴盛；高铝的真瓷在南方约始兴于宋，迄至明清才占据主导地位。个中缘由应是多方面的，与原料条件、烧造条件等都有一定关系。

铁在陶瓷胎中的作用主要有二：一是助熔，在还原性气氛下，FeO 与 SiO_2 形成低熔点共晶物，助熔作用更为明显。二是着色，在还原性气氛下一般呈灰色、青色、黑色，氧化性气氛下一般呈红色。印纹硬陶多呈紫褐色或灰褐色，原始瓷多呈灰白色，少数泛黄，显然是与含铁量有关的。



由灰陶向原始瓷转变过程中，原料成分的主要变化是二氧化硅（或三氧化二铝）量的提高和助熔剂总量，尤其是 Fe_2O_3 和（$CaO + MgO$）总量之减少。因只有在二氧化硅和三氧化二铝较高的条件下，陶瓷坯才能在较高的温度下烧成，并生成较多的莫来石晶体，以提高坯体的高温机械性能，减少高温变形。印纹硬陶和原始瓷的出现，充分说明了原料选择技术的进步。

此期的陶瓷原料一般皆就地取材，因南方许多省份都蕴藏有丰富的高硅质粘土，故印纹硬陶主要流行于南方，原始瓷亦首先在南方得到了较为充分的发展。不管南方和北方，原始瓷多是高硅质的，北方虽高铝质原料稍多，但其高铝质的原始瓷并未超过南方。李家治分析统计过的 34 件原始瓷中，黄河流域及其之北的计 17 件，只有 2 件（河南和陕西各 1 件）的 Al_2O_3 高于 19%；长江流域及其之南的试样也是 17 件，有 4 件（分别出土于安徽、浙江、广东）的 Al_2O_3 高于 19%。原始瓷的原料，当亦各地所产高硅质粘土。据分析，鹰潭角山商代窑场的制瓷原料主要有两种，一是角山龙窑附近的白色泥土，二是从“陈腐池”、“练泥池”、“蓄泥棚”等作坊遗址采集的“青胶泥”[52]。白泥说已有多位学者提出[48]。此外，也有学者认为原始瓷可能已使用了瓷石做原料，我认为此可能性也不能完全排除，不过瓷石粉碎较为困难，使用量不会太大。印纹硬陶与原始瓷的原料成分较为接近，它们可能是相近而不相同的两种矿物，也可能是同一矿物，因采、选、洗等操作方式不同，而得到了两种产品。

各地原始瓷的原料当亦存在一些差别。如鹰潭角山商代原始瓷的含硅量不是太高，而含铝量、含铁量却稍稍偏高；表 2-3-1 所示 8 件角山原始瓷平均成分为：SiO_2 69.16%、Al_2O_3 21.67%、Fe_2O_3 3.78%。看来这主要是由当地土壤条件决定的。

陶瓷泥料大凡都要经过陶洗和捶练等工序。前云新郑郑韩故城战国晚期制陶作坊亦置有淘洗池、捶泥池和囤泥池，且分布密集[9]。

三、成型技术

此期依然沿用模制法、手制法和轮制法，且往往多法兼用，与新石器时代相比较，具体操作已有一些改进。此期已生产过部分大型陶器，如新郑郑韩故城制陶作坊出土过 1 件大陶桶，圆形直壁，口径 52.5 厘米，高 48.6 厘米[9]。此期成型技术中最值得注意的事项是：（1）不同的陶系、瓷系，同一陶系、瓷系的不同器物，成型方法都可能存在一定差别。（2）由夏到春秋，轮制法并未得到应有的发展，甚至不及龙山文化期来得普遍[49]。下依陶系述说其成型方法。

灰陶。有模制、手制和轮制。一些便于轮制的圆形器物，如盆、钵等便为轮制；豆等径向尺寸变化过剧者，则器身和器足分别轮制，之后再粘结而成。鬲等难以轮制，应是模制，之后再用轮修整。一些厚胎器和大型器物，仍用泥条盘筑法，之后再作轮修[50]。1960～1964 年，偃师二里头出土陶器 360 多件（包括基本完整的和可以修复的），有夹砂陶、泥质陶、灰陶、红陶、白陶，有泥条盘筑法、轮制、模制、手捏等种，许多器物都是用多种方法合制成的[1]。河北邯郸涧沟出土的商代陶器中，陶土曾经淘洗，夹砂灰陶模制较多，泥质灰陶轮制稍多[51]。

白陶。基本上都是手制，也采用过轮制和泥条盘筑法。

建筑用陶。商代水管多用泥条盘筑法成型，之后再用快轮修整，但也有轮、模兼制的。西周至战国的筒瓦、板瓦多用泥条盘筑法一次做成圆筒坯，之后再切开。阳城战国早期板瓦的凹面有轮转痕迹，一些素面半圆形瓦当有轮割痕迹。战国时代的许多铺地和砌壁面方砖、矩形薄砖，当系模压而成[50]。

印纹硬陶。一般采用泥条盘筑法，小件器物以手捏成。附件以手捏制后再粘到器体上。断面尺寸变化较大的常用分制法，之后再粘结在一起，有时外壁再衬以泥条，以作固接之用[45]。印纹硬陶虽经拍打，但其内壁甚至外壁上，泥条筑的痕迹还是十分明显的，这在江西吴城、上海金山戚家墩遗址等处都可清楚看到。印纹硬陶操作一般是这样的：盘筑成器后，工匠一手拿蘑菇状陶质抵手（陶垫）抵住内壁，一手用刻有花纹的拍子在外壁拍打，使上下泥条紧密接合。陶拍上刻出花纹的初始目的，是为拍下时给空气留下一个逸出通道，如此拍印后，往往内壁上留下一个个凹坑，外壁上出现许多拍印纹。所以拍打与泥条盘筑法在工艺上是密切相关的，泥条盘筑法大约又与印纹硬陶相始终，浙江印纹硬陶窑址中，即使共存的灰陶、原始瓷使用了轮制，印纹硬陶却依然是泥条盘筑的，这情况一直延续到了汉代；东汉晚期，凡拍印几何纹的瓷器，仍然采用泥条盘筑法[19]。

其实，多数印纹硬陶是使用质地稍粗的高硅低铝质原料制成的，这种原料在我国南方许多地方都有丰富的蕴藏，其质地稍粗，如颗粒稍粗、含铁量稍高，有时可能还掺入了部分石英砂，塑性稍差，不便于拉坯造器，只好采用泥条盘筑法成型，并用陶拍来打实，于是就得到了一种带有印纹的高强度陶器，即印纹硬陶。所以，印纹硬陶的技术关键，是人们为获得高强度陶器而使用了含硅量较高、含铝量稍低的粗质陶土。

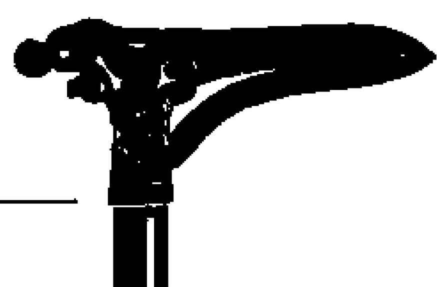
原始瓷。商、周多用泥条盘筑法，战国之后拉坯成型法增多。泥条盘筑成型的内表常留有泥条痕迹，外表常有拍印纹，其纹饰往往与同时期的印纹硬陶相同。部分小型器物，如瓷刀等也可模制和手捏。江西吴城出土的陶质瓷质生产工具，不管是泥质、夹砂质硬陶，还是釉陶和原始瓷，多是模制的[53]。

拉坯成型的生产率虽然较高，但新石器时代之后，并未迅速地发展起来，有的地方甚至发生了倒退的现象。河南龙山文化晚期，快轮制陶就已相当发达，临汝煤山遗址一期陶期多数是轮制的，但从二里头文化起，轮制量却大为减少，渑池郑窑与偃师二里头的一至三期，皆手制为主，模制和轮制为辅，此现象一直延伸到了西周和春秋。从夏到春秋，轮制法的使用量远较龙山、良渚、屈家岭文化逊色。战国时期，因商品生产的发展，轮制才重新受到人们的重视，并较多地使用起来[54]。

四、原始瓷釉的形成和发展

人类最早使用的陶器是无釉的，故表面显得十分粗糙，不但吸水率较高，且易污染。一般认为，瓷土选择技术的进步、高温釉的发明和筑窑技术的提高，是由陶向瓷转化的三个关键环节，所以制釉技术的发明，在制瓷技术上具有特殊的意义。

釉的前身应是“陶衣”，它亦是一种易熔粘土，但其助熔剂总量较低，在窑炉温度较低时是难得熔融的，故提高助熔剂含量、提高烧成温度，便成了制釉技术



的两个关键环节。原始瓷釉多为青釉，只有少数黑釉，今见较早的黑釉器是马桥夏至商初原始瓷罐[47]，稍后有浙江瑞安凤凰山周墓原始黑釉瓷鼎、豆、盂、罐[91]。马桥原始瓷罐有青釉和黑釉两种类型。

有学者分析了32件夏、商、周原始瓷釉（表2-3-2），标本分别出土于河北藁城，河南郑州、洛阳，山西侯马，浙江德清、江山、上虞，广东饶平[44]，江西鹰潭角山、清江吴城、樊城堆[44]，山西垣曲[41]，上海马桥[47]，浙江绍兴吼山[46]。这些标本的釉色有酱色、青色、青灰色、灰色、青黄色、青绿色、黄绿色等。由表2-3-2可见，32件标本约可分成三种类型：（1）石灰釉，以石灰为主要助熔剂，含钙量较高，含钾、含钠量稍低，其CaO量常高于10%，K_2O量常低于3%。表中所列此型标本17件，平均成分为：SiO_2 60.74%、Al_2O_3 14.68%、Fe_2O_3 3.03%、TiO_2 0.88%、CaO 14.15%、MgO 1.82%、K_2O 2.88%、Na_2O 0.75%、MnO 0.39%。（CaO+MgO）总量介于11.69%~25.11%之间，平均15.97%。（K_2O+Na_2O）总量介于2.05%~5.82%之间，平均3.57%。（2）石灰—碱釉，以石灰为主要助熔剂，以碱金属氧化物K_2O和Na_2O为次要助熔剂；其含石灰量较前者稍有降低，常为6%~9%，钾、钠含量稍有提高，K_2O含量常为3%~5%。“石灰—碱釉”中的“碱”，实际上是“碱金属氧化物”的简称。表中所列此型标本计8件，平均成分为：SiO_2 65.54%、Al_2O_3 15.08%、Fe_2O_3 3.66%、、TiO_2 0.60%、CaO 8.27%、MgO 1.60%、K_2O 3.09%、Na_2O 0.72%、MnO 0.21%，其（CaO+MgO）总量介于6.64%~12.40%间，平均9.87%；（K_2O+Na_2O）总量介于2.54%~6.45%，平均3.80%。（3）碱—石灰釉，以碱金属氧化物为主要助熔剂，以碱土金属氧化物为次要助熔剂，钾、钠含量较前又有提高，其K_2O含量常达5%~9%，CaO含量常为3%~5%，（K_2O+Na_2O）的总量大于（CaO+MgO）的总量。表中所列此型标本计7件，平均成分为：SiO_2 68.96%、Al_2O_3 12.88%、Fe_2O_3 5.77%、TiO_2 0.95%、CaO 2.45%、MgO 1.33%、K_2O 6.37%、Na_2O 0.88%、MnO 0.20%。其RO量介于1.76%~6.21%间，平均3.78%；R_2O量介于4.13%~10.24%间，平均7.26%。这是夏、商、周原始瓷釉成分的基本情况，可见多数标本为石灰釉，少数为石灰—碱釉和碱—石灰釉。其中石灰釉在南北方都有使用，石灰—碱釉的8件标本中，6件属南方，2件属北方；7件碱—石灰釉皆属南方。这种分布状态只是夏、商、周的情况，后世未必如此。釉的分类方法较多，人们可视需要，从多个不同角度对釉进行分类，如熔剂种类和数量、着色剂种类、釉的色态和形态等。此处是依熔剂种类和数量进行分类的，但学术界对此分类的标准并无完全一致的意见，本书第五、六章还要谈到一种与此相类似却不尽相同的方法。宜兴良渚文化的原始瓷釉也有石灰釉，亦具有相类似的特点，张福康分析的宜兴良渚文化原始瓷釉，RO量达19.08%（CaO 16.58%、MgO 2.5%），R_2O为2.4%[55]。南、北原始瓷釉的成分亦大体一致。此32件标本中，14件属于夏、商时期，18件属周代，经计算，其CaO的平均含量分别为8.88%和11.08%。原始瓷釉虽在成分和性能上还带有较大的原始性，但又具有了透明、光亮、不吸水的特点。

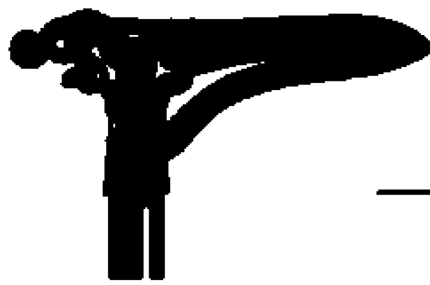


表 2-3-2　　　　商周原始瓷釉化学成分

原编号，名称	成分（%）								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO
XM4，马桥夏商原始瓷罐外表黑釉	63.65	13.95	6.36	0.95	8.85	2.06	2.39	1.5	0.29
XM1，马桥商前期原始瓷罐外表青绿釉	57.02	15.02	3.89	0.81	17.37	2.22	2.07	1.31	0.29
XM2，马桥商前期原始瓷豆盘内青绿釉	64.75	13.7	4.46	0.7	11.34	2.25	1.74	0.85	0.25
XM3，马桥商前期原始瓷豆盘内青绿釉	66.04	14.18	3.09	0.89	11.47	1.82	1.37	0.96	0.21
YQS-5，垣曲商代前期原始瓷釉	68.01	7.88	5.44	1.0	12.88	1.34	3.06	0.38	
Sh12，河北藁城商代酱色釉			5.31		6.49	0.15	2.29	0.96	0.14
Sh15，广东饶平商代酱色釉		15.99	5.2	0.98	8.85	2.61	2.41	0.13	0.13
Sh20，郑州商代青灰色釉	60.79	16.89	4.42	0.94	10.6	2.13	2.37	0.26	0.41
HZh1，郑州商代青灰色釉	62.85	12.56	2.13	0.78	12.7	2.38	3.84	0.46	0.29
Sh16，河南晚商青灰色釉	58.96	15.47	1.66	0.62	13.06	2.01	4.75	1.07	0.44
M216，洛阳西周青色釉	64.74	16.6	1.94		9.51	1.84	3.82	0.28	0.38
HZH2，洛阳西周青黄色釉	48.38	12.4	2.52	0.41	22.73	2.38	2.89	0.73	0.26
M-668，洛阳西周青绿色釉		13.49	3.06	1.41	18.42	3.86	2.98	0.81	0.52
M-37，洛阳西周褐绿色釉		14.53	3.8	1.41	17.94		2.84	1.13	0.76
M-250，洛阳西周黄绿色釉		17.08	3.76	1.43	16.73	0.94	3.25	1.01	0.93
M-198，洛阳西周青色釉		14.8	2.26	1.57	12.95	2.09	2.9	0.52	0.54
M-325，洛阳西周青色釉		15.68	2.03	1.37	11.75	2.28	3.8	1.07	0.58
Zh10，浙江德清西周青灰色釉		11.71	3.35	0.73	9.93	2.47	5.11	1.34	0.24
ZhJ4(1)，浙江江山西周青色釉	67.57	15.01	2.07	0.57	7.32	1.36	3.17	0.3	0.29
ZhJ4(2)，浙江江山西周青色釉	66.26	15.05	1.84	0.97	10.07	1.62	3.74	0.42	0.52
ZhJ4(3)，浙江江山西周青色釉	54.35	21.44	2.23	0.73	13.86	2.12	3.7	0.57	0.39
ZhJ5，浙江江山西周青色釉	61.08	19.35	3.11	0.91	7.33	0.95	3.3	0.7	0.02
SY-31，浙江上虞东周黄绿釉			2.64		10.94	1.17	2.38	0.49	0.25
Z1，绍兴吼山春秋中晚期碗类原始瓷釉	70.68	12.96	1.94	0.68	7.91	1.36	2.2	0.53	0.22
Z2，绍兴吼山春秋中晚期碗类原始瓷釉（另一片）	74.53	13.54	2.40	0.83	2.16	0.74	3.3	0.83	0.11
37G，山西侯马东周青色釉			2.21		15.71	0.32	1.26	0.79	
JY17，鹰潭角山商代晚期原始瓷釉	61.56	16.78	10.11	1.25	1.67	1.86	5.68	0.64	0.21
JY18，鹰潭角山商代晚期原始瓷釉	61.69	17.97	5.00	0.96	4.49	1.72	7.43	0.47	0.05
JQF-1，清江樊城堆商至西周釉	72.52	8.56	4.23	0.34	3.65	0.68	8.97	1.27	0
JQF-3，清江樊城堆商周釉	68.53	12.7	8.98	1.25	0.91	1.76	5.10	0.77	0.48
JQS-4B，吴城西周中期至春秋中期釉	76.50	6.70	4.23	0.66	1.08	0.68	8.78	0.69	0.58
JQS-4，吴城西周中期至春秋中期釉	67.36	13.90	5.47	1.36	3.18	1.88	5.31	1.55	0
石灰釉标本平均成分（17 件）	60.74	14.68	3.03	0.88	14.15	1.82	2.88	0.75	0.39
石灰—碱釉标本平均成分（8 件）	65.54	15.08	3.66	0.60	8.27	1.60	3.09	0.72	0.21
碱—石灰釉标本平均成分（7 件）	68.96	12.88	5.77	0.95	2.45	1.33	6.37	0.88	0.20

注：（1）山西垣曲商城原始瓷釉采自文献［41］，马桥夏商原始瓷釉采自文献［47］，绍兴吼山春秋中晚期标本采自文献［46］，表中后 6 件瓷釉及其余标本皆采自文献［44］。

（2）除表中所列，下列标本尚含 P_2O_5：SZH1 为 0.69%、HZH2 为 1.31%、XM4 为 0.4%、XM1 为 0.7%、XM2 和 XM3 皆为 0.05%，标本 Z1 为 0.56%、Z2 为 0.32%，JYJ8 为 0.22%，JYJ7 为 0.21%。此外，标本 Z2 烧损 0.69%。

（3）权作碱—石灰釉的标本计 7 件，包括后 6 件和标本 Z2（绍兴）。权作石灰—碱釉的标本计 8 件，包括标本 M216（洛阳）、Sh12（藁城）、Sh15（饶平）、XM4（马桥）、Zh10（德清）、ZhJ4（1）、ZhJ5（江山）、Z1（绍兴）。其余 17 件权作石灰釉。

（4）因部分标本的分析数据不全，故计算石灰釉的平均成分时，SiO_2、Al_2O_3 是分别依 10

件、15 件计算的，余皆依 17 件标本计算；计算石灰—碱釉的平均成分时，SiO_2、Al_2O_3 是分别依 5 件、6 件标本计算的，余皆依 8 件标本计。

关于北方早期原始瓷的来源，学术界一直存在不同看法。有学者认为商代，及至更晚一些，北方印纹硬陶和原始瓷都是南方传去的。主要理由有二：一是中原和北方至今未见类似的窑址；二是部分科学分析数据，认为它表明南北原始瓷成分的基本特征是一致的。也有学者不同意这一观点[27]，依据是：（1）郑州商代遗址出土过一些敞口、高颈、折肩、鼓腹的圜底尊类器和瓮等的原始瓷器，与当地所出红陶尊、灰陶瓮的器形特征是基本相同的，甚至纹饰也是一样的；同时还发现过烧坏了的原始瓷器[26]。（2）洛阳庞家沟西周墓原始瓷的器形和纹饰不仅与商代陶器有着密切的关系，而且与洛阳西周墓陶器的形制也基本相同[26]。洛阳北窑西周墓的早、中、晚三期都出土有原始瓷器，虽其成分与南方原始瓷相类似，但器物种类、形制、釉色都存在许多差别[26]。我们倾向于后一说法，即北方印纹硬陶和原始瓷，都有可能是独自生产的，人们不可能将烧坏了的原始瓷从遥远的南方运到北方去。科学分析数据应当重视，但我们并不能排除北方也存在高硅低铝粘土的可能性。2005 年，有学者分析过 18 件南北方商、周原始瓷和 4 件吴城商代印纹硬陶，计 22 件标本。原始瓷北方有 6 件（山西垣曲 4 件、郑州商城 2 件），南方有 12 件（浙江黄梅山 4 件、安徽枞阳汤家墩 4 件、江西吴城 4 件）。分析结果表明，在北方的 6 件样品中，除郑州商城标本 ZS4 外，其余 5 件的微量、痕量元素组成都相近，且明显地不同于其他地区样品，这一分析结果“不支持我国北方的商代原始瓷来源于南方的观点”[92]。故我们以为只能说我国原始瓷首盛于南方，眼下尚不宜说它首创于南方或源于南方。

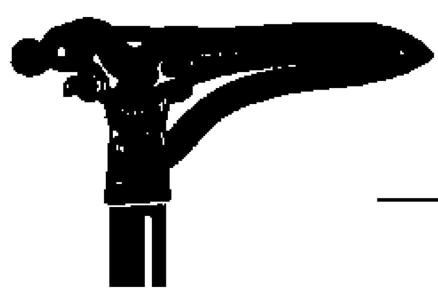
原始瓷的施釉法主要是刷釉法和蘸釉两种，从施涂部位上看，又有单面施釉、双面施釉、局部施釉之别。

刷釉法，即用刷子将釉浆刷于器坯表面。此法当发明稍早。其基本特点是：施釉不均，往往釉层厚薄、浓淡不一，常有流釉和聚凝的釉斑，胎釉结合亦欠佳，釉面时有开裂、脱釉现象，有的甚至会全部脱落[56]。

蘸釉法又叫浸釉法①，即是将坯件浸入釉浆中，坯体表面附着一层釉浆后较快地提起。蘸者，粘也，暂也，快速而短暂地粘附也。所附釉浆的厚薄，主要与釉浆的浓度和浸、蘸时间的长短有关。屯溪西周墓出土的 71 件原始瓷中，有薑黄绿釉器 61 件，采用刷釉法；青灰釉器 10 件，采用了浸釉法。薑黄绿釉器之内表全部施釉，外表则施釉不及底，下底及足部多不施釉；其内外表的釉层浓淡不均，少数器物下部有流釉现象。青灰釉器的内表、外表全都施釉，釉层既薄且匀[56]。

单面施釉法主要见于夏至早商，为节省釉料，人们采用了单面施釉法。如马桥遗址，其夏商之际的原始黑釉瓷罐、商代前期的原始青瓷罐，皆罐外施釉，罐

① 有学者认为蘸釉与浸釉不同，说浸釉是整个坯件没入釉浆内，蘸釉则是局部没入，说蘸釉时间较短，浸釉时间较长。窃以为这应是部分地区，或部分学者和匠师的说法，与传统习俗未必相符。如《陶冶图说·蘸釉吹釉》、《景德陶卷》卷一“荡釉”等，谈及我国古代施釉基本操作时，都只谈到了刷釉、蘸釉、吹釉，并未提到“浸釉”。从上下文看，此“蘸釉”即浸釉。另外，窃以为，不管“浸”还是“蘸”，时间都是很短的，皆可施于局部和全器。



内无釉；其商代前期的原始瓷豆盘，则豆盘内施釉，豆盘之外皆不施釉[47]。

双面施釉法，商代中期之后便较多地使用起来。清江吴城原始青瓷釉一般较薄，且多施于器表，如罐、尊等；但双面施釉者也不少，如一期的原始瓷豆残片，其残盘内外壁均施有黄绿色釉，或青黄色釉；二期的钵，双面皆施青黄色釉[32]。在内壁施釉时，人们还使用过一种荡釉法，其釉层稍厚且较均匀。春秋时期，镇江等地原始瓷器已采用浸釉、荡釉和刷釉等操作，器表主要采用浸釉，器内则用荡釉；有时也用刷釉法，此时釉面多有刷痕[90]。

局部施釉的一个主要目的应是为了便于装烧，如战国早中期绍兴原始瓷器，凡适宜于叠烧的部分碗、盘、洗、匜、鉴、甑等，内外底不施釉，罐类贮藏器，上釉皆不及底[46]。

原始瓷釉是人们长期探索的结果，但对它的制法，学术界也存在不同的意见。有说它主要由草木灰和粘土制成，其中的 RO 可能由石灰石、草木灰或含钙粘土引入，R_2O、Fe_2O_3 和 TiO_2 则由粘土引入；因一般粘土皆含一定量的铁，故瓷釉也是含铁的[57][58]。也有人认为它主要由草木灰制成，理由是其成分与草木灰基本一致，并认为是松木灰、杉木灰等，经适当磨细、加水调成浆状后，涂在陶瓷坯件的表面，在1200℃的高温和适当的还原性气氛下，就能烧成青绿釉，其外观与殷墟原始青釉是十分相似的[55]。此外还有人认为它是石灰加粘土制成。我们认为，我国幅员辽阔，各地自然条件和技术背景都有一定差别，其制釉工艺亦未必完全一样，总体上应是胎泥加草木灰，或者再羼入部分石灰制成，但不同时间、不同地域，都会有一些调整，这种情况大约延续到了唐代，之后才发生了较大的变化。草木灰制釉的优点是：（1）原料来源较广，且易于获得。（2）它含有高温釉的各种化学组成，可单独使用。（3）使用方便。早期青釉所含 CaO 量往往较高，这种釉通常便叫石灰釉。其特点是熔融温度较低，高温粘度较小，釉面光泽较好，硬度亦较大，透明度亦较高，坯体上刻划的花纹图案、浮雕人物，都可一一清晰地透映出来。石灰釉在我国沿用了很长一个时期，对我国古代陶瓷技术的发展做出了重要的贡献。

新石器时代晚期至西周中期，江浙一带还出现过一种泥釉黑陶，顾名思义，它是表面涂刷了黑釉的陶器，但胎质依然是灰白、黄白的。它与良渚黑陶的不同之处是：黑陶是采用渗碳的方式致黑，采用表面打光方式来致亮的，泥釉黑陶则是涂刷或浸荡了一层泥釉而致黑的。显然，它对原始瓷釉的发展产生了积极的影响。有学者分析过6件浙江江山商代以前的泥釉黑陶，其陶胎成分与原始瓷相近，即含硅量或含铝量较高，其平均成分为：SiO_2 66.53%、Al_2O_3 24.01%、Fe_2O_3 4.18%、TiO_2 1.34%、CaO 0.21%、MgO 0.41%、K_2O 1.92%、Na_2O 0.25%、MnO 0.02%、P_2O_5 0.12%，这显然是人们有意选择的。这6件黑色泥釉的平均成分为：SiO_2 61.09%、Al_2O_3 20.19%、Fe_2O_3 6.13%、TiO_2 1.36%、CaO 1.66%、MgO 1.34%、K_2O 4.25%、Na_2O 0.86%、MnO 0.11%。可见：（1）此釉所含助熔剂总量（$RO+R_2O$）较低，尤其是 RO（CaO+MgO）较低。（2）Al_2O_3 和着色剂（$Fe_2O_3+TiO_2$）总量却较高。大体上仍属易熔粘土范围。泥釉黑陶存在的时间较短，可视为早期原始瓷发展过程中出现的一个分支。在江山县南区，商代早期及



其之前，泥釉黑陶是与泥质陶、印纹硬陶共存的，不见原始瓷。商代中期之后则只见原始瓷与印纹硬陶共存，不见了泥釉黑陶[59][60]。

与陶衣、绘彩同样，早期原始瓷釉亦常有釉层较薄、釉面不均、玻化不良，以及开裂、失透（透光性欠佳）、胎釉结合不好，乃致脱落等情况。春秋战国之后，施釉技术有了提高，肖山进化和绍兴富盛区出土的战国釉陶和原始青瓷釉虽薄至 10～50 微米，但胎釉结合较好。

有学者认为，文献上关于釉的记载当可上推到先秦时期[61]，《礼记·檀弓上·明器》中的“味”字便是釉的意思，并认为东汉或其之前便有人把“味”字当成“釉”字来使用了。此说当有一定道理。“明器”条云:“瓦不成味。”郑玄注:“味，当作沬。沬，靧也。”孔颖达疏:“味，犹黑光也，今世亦呼黑为沬也。瓦不善沬，谓瓦器无光泽也。”“靧谓靧面，证沬为光泽也。”若依郑、孔之说，此“味”便可释为光泽，“瓦不成味”意即陶无光泽，或陶成不了光泽。又，《玉篇》云:“靧音悔，洗面也。”《集韵》云:“靧，本作沬，洒面也。”若依此，味，或靧，便可释之为釉。

五、半倒焰窑和平焰窑的出现

我国古代陶瓷窑的种类较多，依窑室与火膛的相对位置，可区分为横穴窑和竖穴窑；依窑室所处位置，又可区分为地穴式和地面式；依窑室平面的几何形态，则有圆形、椭圆形、长方形、马蹄形、葫芦形、蛋形等；依窑室空间的纵向形态，则有馒头形、直筒形；依火焰流动方向，又可区分为升焰式、半倒焰式、平焰式等。因窑内最为主要的运动是火焰的流动，热能和气氛的主要载体都是火焰流，所以本书采用以火焰流动方向为主，其他因素为辅的分类法。

夏、商、周三代筑窑技术的主要进步是：（1）升焰式窑在结构上作了许多改进。（2）商代发明了半倒焰式的馒头窑和平焰式的龙窑。（3）至迟战国，部分北方窑室就建到了地面上[6]；西周以前，北方大体都是穴地为窑的，地面以上的陶窑很少看到[62]；大约秦代，陕西咸阳滩毛村还建造了半地穴式陶窑[93]。南方因地下水位较浅，其窑室很可能一开始便建到了地面上，但有关资料报道较少，目前仅知湖南划城岗大溪文化中期陶窑是半地穴式的。高硅粘土的利用、釉的发明、高温窑的构筑，是由陶器向瓷器转变的三项关键技术，它们是相辅相成，互相制约，缺一不可的。

（一）升焰窑。即火焰流从窑底升起，流经陶坯，之后径直从窑顶逸出者。新石器时代的卧穴式、竖穴式窑都属这一类型。卧穴式在龙山文化时基本上已被淘汰。竖穴式却一直沿用到了商、西周时期；它的基本结构仍分三个部分，即火膛、窑箅、窑室，以及火膛前面的火口。窑室作圆形、椭圆形及至方形，窑壁常涂一层草拌泥（耐火泥），多数内倾。与新石器时代相比较，此期窑室有所增大，窑顶排焰部位逐渐缩小[63]。如郑州洛达庙二里头文化早期陶窑，状如馒头，窑室底径 1.28 米，底部有一草拌泥制成的窑箅，箅下有一支柱立于火中，用来支撑窑箅[64]。郑州铭功路西侧发现 10 余座二里岗期陶窑，多为圆形，窑室直径 1.2 米左右[65]。郑州碧沙岗商代晚期陶窑的窑箅直径接近 1.74 米[66]。此时火膛亦有所加大，从而增加了燃烧量。箅孔数有所减少，孔径稍有增大，分布状态从不太规则

变得较为规则起来[67]，从而加大了火焰流量，且有利于火焰的组织。商代晚期出现了一些窑箅不设支柱的窑炉，这就改善了火膛的工作和燃烧条件。春秋时期，又出现了以炉条代替窑箅的做法[68]。

（二）半倒焰窑。即火焰自火膛出来后分成了两股：一股先上升到窑顶，之后再反扑下来；一股横向运动；两股火焰都流经过坯体，再经由靠近窑底的进烟口竖直的烟道逸出。当由升焰窑直接演变过来，结构上最为重要的特点是：烟孔位置移到了窑壁之下，而不是设在窑顶。

半倒焰窑至迟发明于商代早期，有关窑口如黄陂王家嘴盘龙城二期圆窑等[69]，稍后的邢台曹演庄1、2、3号陶窑[4]等。盘龙城圆窑已残，由窑室、火眼、火膛三部分组成；窑室平面呈圆形，直径1.3米，残深0.23米，窑壁由黄土加白膏泥筑成。烧成温度较高，窑壁近火层呈青灰色，外层呈红砖色。窑室底部呈凹形，窑室周壁外侧布有10个大小相近、间距相同的火眼，孔径10～11厘米。火膛呈长方形，长0.4米、宽0.3米（图2－3－1）。大约是因地下水的关系，窑底建在生土层之上，与北方圆窑有所不同。年代约与二里头文化三期相当，其^{14}C测定年代为公元前1630年～前1490年[69]。曹演庄1号窑烟孔设于窑后，并与窑底平；2、3号窑在窑壁四周设有7个烟孔[4]。往日一般认为半倒焰窑是西周发明出来的[78]，这主要是当时考古资料尚不足之故。西周时期，半倒焰窑有了进一步发展，目前在陕西沣西张家坡（西周晚期）[70]、江苏新沂西墩[71]、洛阳王湾（西周晚期）[72]等地都有发现。其中张家坡的烟囱布置显示得尤为清楚，其下与窑底相连，截面为0.3米×0.2米，残高0.1米，烟囱南面正对火门。春秋战国之后，半倒焰窑在全国范围普遍推广开来，三门峡春秋遗址[73]、侯马春秋遗址[74][75]、武安春秋战国遗址[39]、江陵毛家山战国遗址[6]、楚都纪南城遗址[76]、安阳阜城村战国窑址[77]等都曾出土过这种带有烟囱的陶窑。其中安阳阜城村3号窑（战国晚期）烟囱设于窑后，呈椭圆形，长径0.34米、短径0.26米，竖直向上，残高0.24米，口部有几块土坯收口。战国时期，半倒焰窑的结构基本定型：前面是窑门，往后依次为火膛、窑床和烟囱，烟囱立于窑后，窑体大小与同一时期的升焰窑相近。江陵毛家山窑是地面窑的重要实例，这对于减少地下水威胁，提高烟囱抽力等都有一定帮助。西周时期，许多烟囱还是立于窑腔上的，战国皆移到了窑后，这有助于减少窑内上下温差和提高

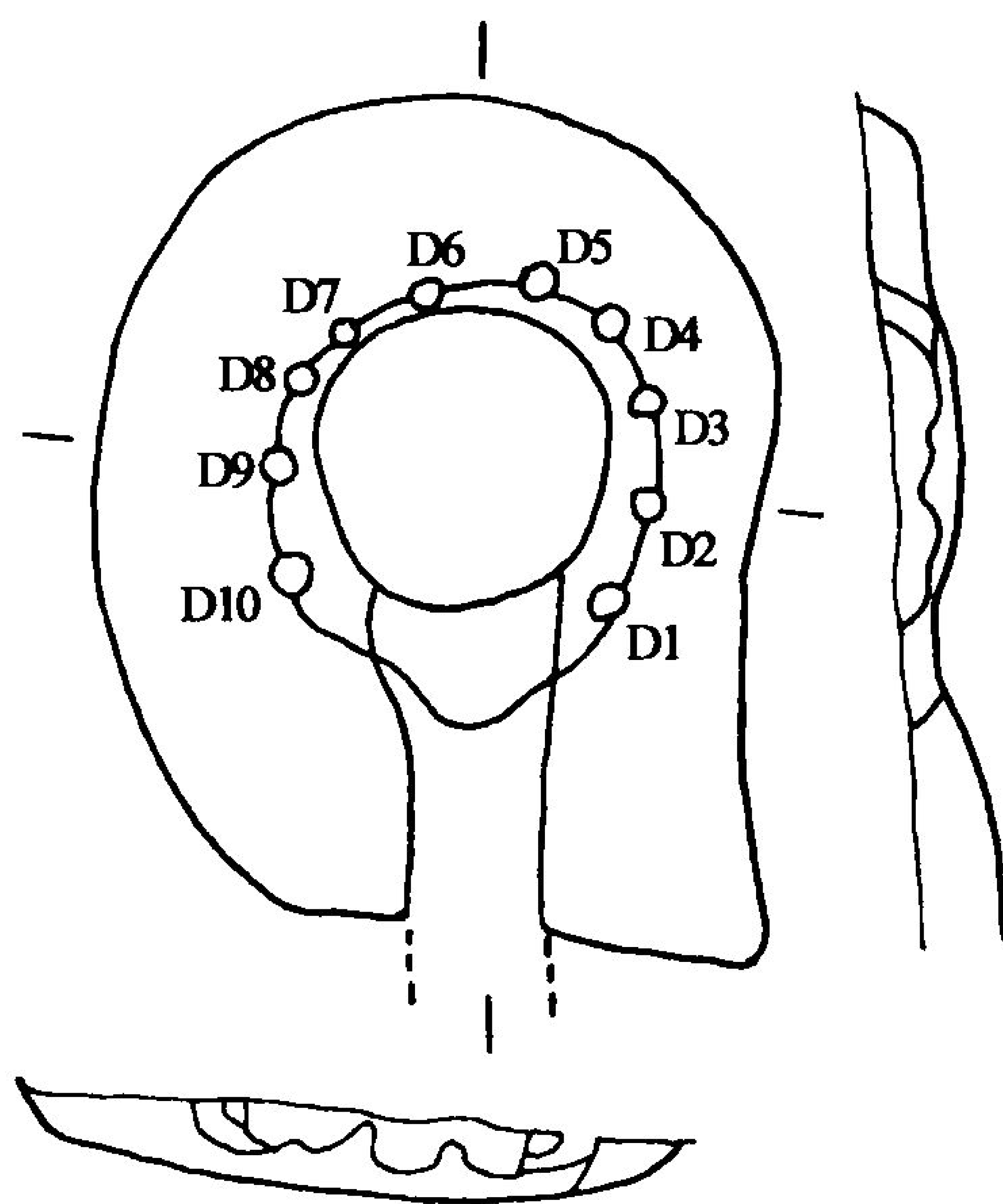
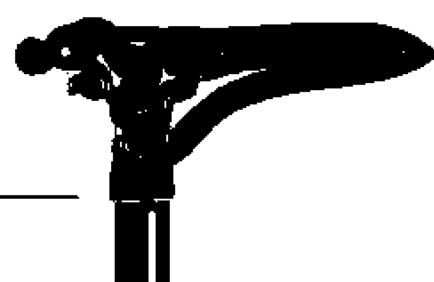


图2－3－1　王家嘴盘龙城二期圆形窑Y2平面剖面图

D1～D10　火眼　　采自文献[69]第88页



窑温。

烟囱与半倒焰窑应当是在同一时期出现的。盘龙城圆窑上部已毁，烟囱之形状今已难得觅寻，但其将烟孔设于周壁外便是最好的证据。烟孔设于窑底，无疑会增加压头损失，从而影响到窑内通风和燃烧，若无烟囱，人们是绝不会将烟孔设于窑底周壁的。有报道说1974年发现的吴城二期窑设有烟囱，可以进一步研究。报道还说此窑上小下大，呈复钵状，"窑顶偏东有一圆形烟囱，烟囱内径0.15米、壁厚0.02～0.03米。"[80][81]浅见以为，此窑恐怕只能算是升焰窑，此孔大约只能算是窑顶上的出烟孔，还不是烟囱。

（三）平焰窑。后世又谓之龙窑。基本特征是火焰流与窑体（或说窑室底面）平行。火焰离开火膛后，流经窑坯，倾斜上升，后经窑尾向外逸出。其常依山倾斜之式修建，身长约20～80米不等，宽1.5～2米左右，倾角约8°～20°。由窑头、窑室、窑尾三部分组成。窑身两侧依一定距离设有多个投柴口，对称排列；唯窑头设有单独的火膛，其余的燃烧室都在烧成室的通道内。没有烟囱。紧靠出烟坑处有一挡火墙，以防止火焰流速过快，以增加火焰与坯件的接触时间，并提高窑内温度。挡火墙下设有距离和大小皆相同的几个烟火弄，烟气由烟火弄进入出烟坑排出[79]，主要见于南方，今日所知商代龙窑至少有4处10座。其中年代最早的原始形态的龙窑始见于盘龙城二期、三期，盘龙城三期相当于二里头文化四期偏晚或二里岗下层一期偏早，相当于商代早期或早中期。年代稍后，江西吴城、鹰潭，浙江上虞也有出土。

1974～1976年，盘龙城王家嘴遗址发掘了3座陶窑，除圆形窑外，还有长形窑（龙窑）2座，分属盘龙城二期、三期。其中长窑PWZY1（二期）建于坡地上，全长54米，宽多为2.4～4.0米，最宽处近10米。窑呈长沟状，上部残，由窑头、窑室（包括窑底、窑壁、窑门、窑顶）、窑尾三部分组成。头低尾高，高度差达2.75米[69]。对盘龙城龙窑的鉴定，学术界曾进行过长时期的讨论，本人也曾两次前去参观，今说当属可信。1986年，江西吴城出土过9座商代陶窑，其中1986QSWY6号为龙窑，窑床呈长条形，残长7.5米，窑尾南北宽1.07米，窑头断残处宽1.01米，窑尾底部高于窑头0.13米；倾斜不太明显，坡度为1.7°，北壁设有9个投柴口，一字排开。窑头并非建于生土之上，而是利用坡地，挖高补低，平整夯实而成的。其比较原始，如坡度较小、投柴口设在一侧等[80][81]。1984年，浙江上虞县百官镇发现6座商代龙窑，其2号窑保存较好，全长5.1米，宽1.22米，残高0.33米，倾角16°。江西鹰潭角山亦发现1座商代龙窑，长3.15米、宽1.45米，坡度约15°～18°[82]。

战国时期，平焰窑技术有了扩展，今在广东增城、博罗、浙江绍兴都有出土。1962年广东增城出土龙窑2座，其中1号窑残长7.6米，宽2米，残高1.54米，圆卷顶，在平地上建起，倾斜为15.5°[83][84]。1995年，广东博罗县清理春秋晚期至战国早期龙窑1座，全长15米，由火膛、火道、窑床、窑尾等部分组成。火膛略呈椭圆形，长1.9米，宽1.05～1.5米，深0.5米；火道长2.2米，宽1.05～1.45米，残高0.5～1.3米；坡度20°。窑床长6.5米，前宽2米，后宽1.4米，残高0.4～1.1米；总体呈斜坡状，坡度20°（图2－3－2）[85]。绍兴富盛发现两处

至少10座战国龙窑，其中一座残长3米，宽2.42米，拱顶，窑内清理出大量原始青瓷、印纹硬陶、扁圆形托珠等，窑倾斜16°，窑底无垫具，说明陶瓷器是直接放在窑床上烧造的。富盛龙窑的基本特点是：短、宽、矮，倾斜度依然较小，这也在一定程度上显示了它的原始性。窑室短，热利用率较低；窑室宽，再加上拱顶用粘土筑成，就容易烧塌。类似的窑址在毗邻的肖山进化区发现近20处，而且窑址集中，窑场杂物堆积较厚[7]。

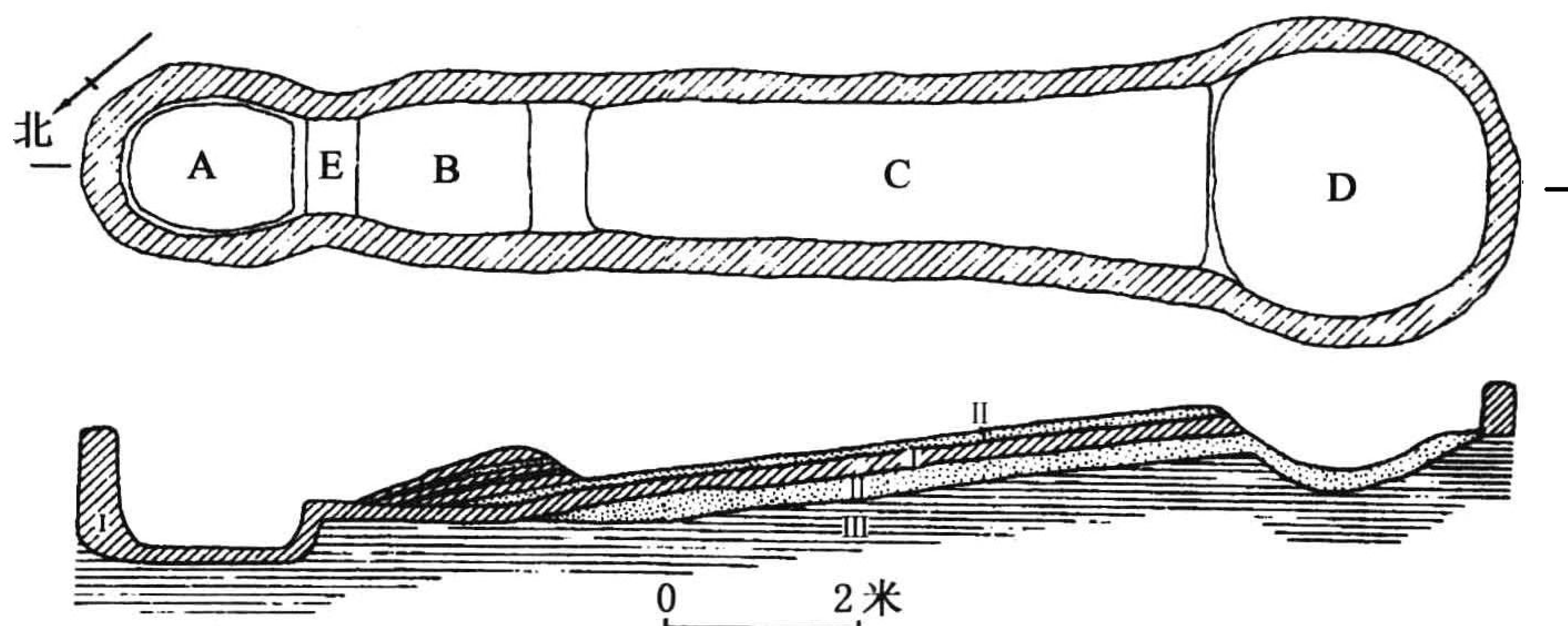


图2-3-2 广东博罗春秋晚期至战国早期龙窑平面剖面图

A. 火膛 B. 火道 C. 窑床 D. 窑尾 E. 小平台

Ⅰ. 窑底与窑壁 Ⅱ. 铺沙 Ⅲ. 垫土

采自文献[85]

先秦炉窑主要是这三种形态。其中升焰窑是依靠窑内热空气上升产生的压差，把外界冷空气吸入室内的，故其没有烟囱也能形成一定的抽力。缺点是空气量难以控制，燃烧量较低，气氛亦难控制。火焰流从坯体上一掠而过，热利用率较低，故窑温较低，主要用来烧造灰陶、白陶和印纹硬陶。半倒焰窑设有专门的烟道和烟囱，它是依靠烟囱产生的抽力来吸入空气的，空气流可适当控制，从而延长了火焰在窑内的行程，增加了火焰流与坯体接触的时间，提高了热利用率，窑温较高，气氛亦可适当控制，可烧造灰陶、黑陶、印纹硬陶和原始瓷。烟囱的出现，是古代窑炉技术的一大进步。平焰窑的优点是[86]：（1）因其依山而建，窑室本身的高度差便可产生一种自然的抽力，故无需向上构筑烟囱。（2）窑床面积较大，火焰流分布较为均匀，所以产量高，质量亦较好。（3）窑体较长，可利用部分余热，热效率较高。（4）结构简单，造价较低。虽然商至战国的龙窑尚处于原始阶段，但龙窑的许多优点已经显示出来，其可用来烧造印纹硬陶和原始瓷。图

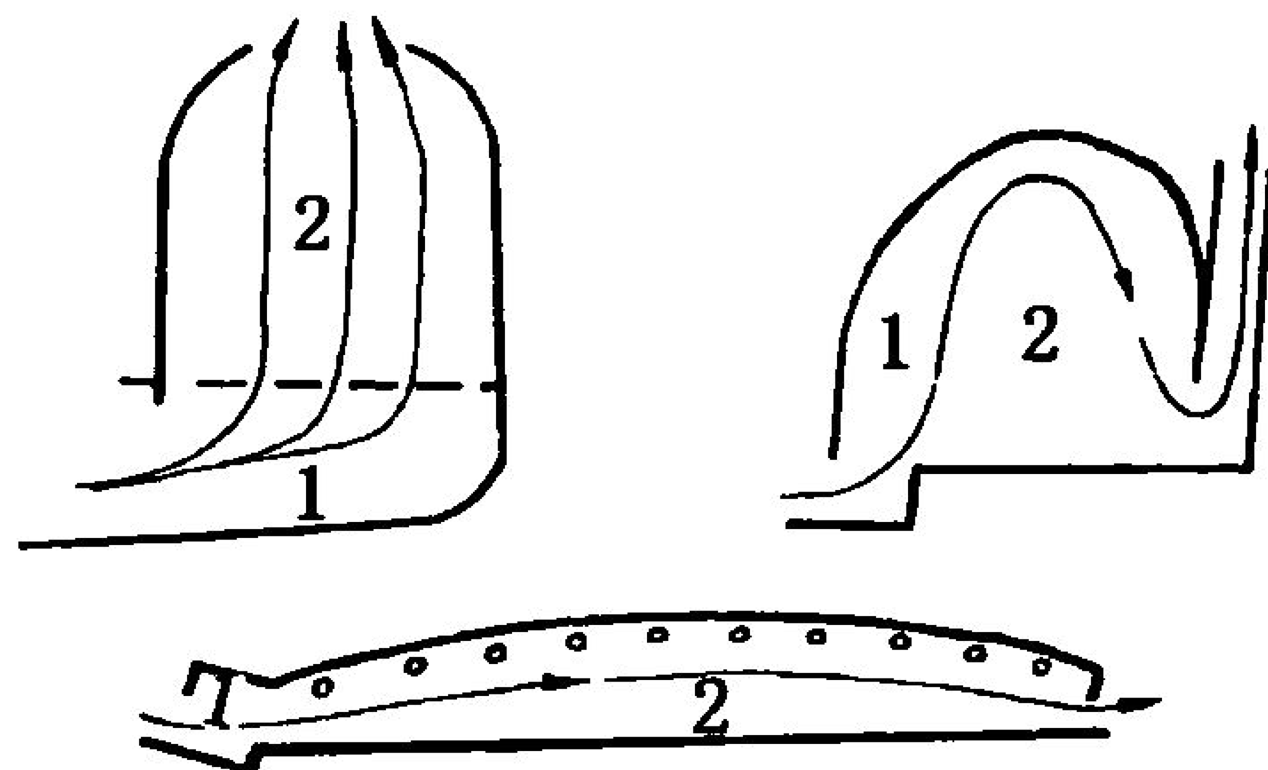
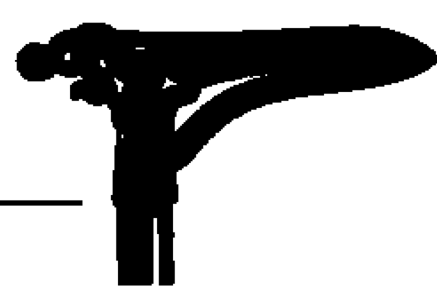


图2-3-3 先秦陶瓷窑火焰流向示意图

左上：升焰窑 右上：半倒焰窑 下：平焰窑

1. 火膛 2. 窑室

采自文献[84]



2-3-3为升焰窑、半倒焰窑、平焰窑火焰流向示意图。

六、烧造技术的发展

此期烧造技术的进步主要表现在窑温的提高和窑具的使用上。

（一）窑内温度和气氛的控制及其对产品质量的影响

在影响陶瓷产品质量的诸多工艺因素中，最为重要的是两个：一是原料的选择和加工，二是窑内温度和气氛的控制。以易熔粘土为原料时，不管窑温多高，都是只能烧出普通灰陶、红陶和黑陶；以瓷土、瓷石、高岭土为原料时，在适当高的温度下，便可烧出白陶、印纹硬陶，以及原始瓷来。白陶、印纹硬陶的发明和发展，陶衣、绘彩、泥釉技术的发明和发展，分别在胎质、釉质方面为原始瓷的出现做了充分的准备，而半倒焰窑和平焰窑的出现，才使原始瓷的出现变成了现实。如若温度不足，像升焰窑那样，即使有了瓷土、瓷石、高岭土和高温釉料，也是很难烧出原始瓷来的，而只能烧出白陶、印纹硬陶和釉陶来。北方高铝质粘土较多，高硅质粘土和瓷石较少，这便是北方原始瓷、青瓷发展缓慢于南方的原因。在当时的温度条件下，是很难使高铝质粘土瓷化，亦很难获得优质高温釉的。

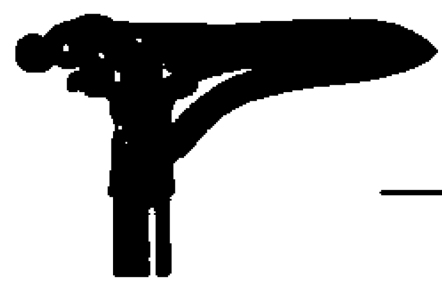
夏、商、周的陶瓷品种较多，烧成时的热工制度也不尽相同。此期陶器的热工制度与新石器时代相仿，灰陶用还原焰，红陶用氧化焰，烧成温度约950℃～1050℃。涧沟早商升焰式陶窑的火口处曾使用9块土坯密封，其目的自然是要在烧造行将结束时，造成还原焰和生产灰陶[62]。在传统技术中，围堵烟口和向窑内呛水（窨水），都有助于形成还原性气氛。前云龙窑靠近出烟坑处的挡火墙，大约也可起到调控还原焰的作用。建筑用陶亦以还原焰为主。陶范不作烧结，只在850℃～920℃间焙烧，并在高温下保温一段时间，使碳酸盐完全分解。原始瓷烧造温度一般达1200℃，只有少数低于这一温度，有的达1250℃～1280℃。绍兴吼山春秋中晚期2件碗类原始瓷标本的烧成温度分别为1171±20℃、1060±20℃[46]。其常用弱还原焰和弱氧化焰。印纹硬陶的烧结温度一般高于灰陶，而与原始瓷大体处于同一水平。在浙江德清[87]、绍兴富盛[7]、肖山的城山、欢潭等地，都发现了原始瓷与印纹硬陶共烧的窑址[19]。

（二）窑具的发明和发展

早期陶器和原始瓷大约都是单件，或大件套小件地直接置于窑床上烧造的。春秋战国之后，随着施釉技术的发展和人们对陶瓷制品在产量和质量要求上的提高，垫烧具和支烧具才发展起来。

垫烧具是陶瓷烧造过程中，在坯件间起分隔作用，以防止釉面粘结、提高窑室竖向利用率的辅助性工具。习见有托珠、泥垫、垫饼、垫圈、钵形垫等[88]。垫烧具始见于西周至春秋早期的浙江德清原始青瓷窑址，其种类有垫珠、粗砂粒、窑渣等[87]。战国时有了一定发展，绍兴富盛窑出现了外形较为规整的圆珠形垫具[7]。一些早期青瓷器皿的内外底部都有3粒托珠垫隔而留下的痕迹，有的内底还有1～3粒托珠，说明当时采用了叠烧技术[89]。

支烧具是支托坯件，以进行烧造的器具。其始见于浙江德清战国窑址，最初是个简单的“工”字形支座。东汉之后便逐渐推广开来[88]。支烧的目的是：（1）使坯件离开窑底低温带，避免局部生烧。（2）防止和减少窑底砂尘对釉面的污染。



早期垫具、支烧具虽皆十分简单，但对保证产品质量和烧造过程的顺利进行，却起到了十分重要的作用。

原始瓷的发明是我国古代陶瓷技术的一大进步，说明陶瓷在原料选择和加工技术、釉料配制技术、窑炉构筑和烧造技术等方面都获得了重要的进步。与真瓷相比较，虽许多工艺环节还相当原始，不管胎中还是釉中，往往含有较多的铁、钛、锰等强着色剂，颜色多不太纯正，胎釉结合往往欠佳，但它向瓷迈出了十分重要的一步，从而在瓷器发展史上具有十分重要的意义。

第四节 机械技术的初步发展

夏、商、周三代是我国古代机械技术的初步发展期，各种农具、手工业工具、兵器的材质和形制都发生了许多变化。文献上出现了关于桔槔、辘轳等的记载，使用了一些简单的测量工具，大车广泛使用于战争，木船和弩机的结构有了许多改进；出现了销轴式活动连接和锁簧弹性件等。大约商代便利用了畜力。纺织机械此时亦有了较大进步，这在第五节再谈。人们对机械在社会生产中的作用开始有了初步的认识，前引《韩非子·难二》篇把机械之利归结为“用力少，致功大”，这是较为准确的表述。

一、几种简单机械的发展

简单与复杂，原是相对的，在古人看来十分复杂的东西，今人看来可能就十分简单，所以人们在研究机械技术史时，通常都是凭直觉和习惯对简单机械进行描述和分类，并常把以杠杆、斜面、滑动、轮轴等力学原理为基础而发展起来的一些装置称之为简单机械，也很少见人从机械原理方面对简单机械作过定义。本书依然遵照这一习惯做法。

（一）简单手工业工具

主要包括斧、锛、凿、刀、锯、错（锉）、钻、锥、针等，其中相当部分都具有尖劈的特征。在夏和商代前期，它们多为石质、骨质，商代晚期之后，中原文化区便大量地使用起青铜来，并最后占据了主导地位。战国中后期，铸造的铁斧、铁凿等便迅速登上历史的舞台。

斧与锛。我国古代铜斧始见于齐家文化时期，在秦魏家[1]、杏林[2]、齐家坪都有出土[3]，稍后的四坝文化火烧沟遗址[4]、湖北盘龙城二里岗期[5]等都有发现，山西夏县东下冯还出土有石质斧范[6]。铜锛始见于二里头三期[7]，年代稍后，湖北盘龙城二里岗期[5]等都有出土。锛和斧都是砍伐林木的重要工具。《孟子·梁惠王》上:“斧斤以时入山林，材木不可胜用也。”在考古发掘中，斧与锛往往混淆，郭宝钧在《中国青铜器时代》一书中提出，“柄向与刃向一致的叫斧，用于砍木，一般较小，柄向与刃向垂直的叫斤，也叫锛，一般为单斜面，用于平木”。[8]但今一般又认为：在空首斧与空首锛中，凡单斜面（单面范）谓之锛，双斜面（双面范）谓之斧，平木之锛亦称为锄。

从装柄形式上看，铜斧约包括两种类型：即空首斧和穿肩斧。空首斧始见于齐家文化时期，甘肃广河齐家坪出土 1 件，身长 15 厘米、刃宽 3.2 厘米、头宽 4

厘米、厚3.1厘米[9]。先秦多数铜斧都属这一类型。穿肩斧始见于东周，河南洛阳市东周王城4号墓出土1件，断代战国[10]。此外，据说还有一种实心斧，1974年福建南安出土2件，断代为西周到春秋，据说江西省博物馆也有收藏。但它到底是属于楔子还是斧，我认为是值得研究的。铜锛有实心型和空首型两种，前者始见于二里头时期[7]，后者在许多商代遗址都可看到。西安老牛坡出土商代空首铜锛1件，通长10.9厘米、刃宽4厘米[11]。

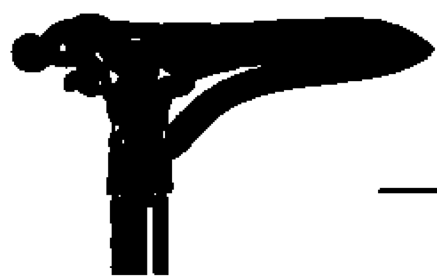
铁斧始见于战国早期，四川荥经[12]、山西长治分水岭[13]、河北易县燕下都16号墓[14]等都有出土。铁锛亦始见于战国早期，洛阳水泥制品厂战国早期灰坑出土1件。此期的铁斧和铁锛皆以空首型为多。

铜凿。始见于皇娘娘台齐家文化遗址。稍后，在河南偃师二里头（三期）[7]、山西夏县东下冯[6]等地都有出土。凿的分类方法较多，从首部看，可区分为无銎凿和有銎凿，前者如二里头所见，后者如二里岗所出者[15]。从刃部情况看，又可区分为单斜刃和双面刃两种，前者如二里头所见，后者如甘肃武威皇娘娘台齐家文化所出[16]。此外还可依刃部形状，区分为直刃、弧刃、圆刃、宽刃、窄刃型等。平刃和弧刃都较习见，圆刃者较少，1975年北京延庆县西拨子村西周晚期到春秋早期遗址出土1件圆刃凿，通长6厘米，刃宽1.3厘米[17]。淮阴高庄战国墓出土圆刃凿2件，弧刃自中部起槽，长分别为15.0厘米、8.6厘米[18]。铜凿刃宽常为1~2厘米，但1957年云南剑川海门口（相当于殷代晚期）出土2件实心无銎“凿”，刃宽分别只有0.3厘米和0.4厘米[19]，而陕西绥德县墕头村出土商代铜凿1件，刃宽达3.2厘米[20]。先秦铜凿种类已相当齐全，这在一定程度上也反映了当时木器加工技术的发展。

铁凿始见于战国早期，长治分水岭等地都有出土[13]。

锯。铜锯始见于二里头文化三期[7]，稍后在湖北盘龙城李家嘴[5]，河北藁城台西村等地都有出土[21]，流行于春秋战国时期。依把持方式之不同，约可分为4种类型，即厚背刀形锯、环首削形锯、木柄夹背锯、夹腰双刃锯，此期是否出现过弓架锯，有待进一步研究。前四者大约只能用来锯切浅槽和厚度不大的物件，后者则可锯切深槽和厚度较大的物件。四川省博物馆藏一件战国残锯片，铜质，残长20.9厘米，一端残断，完整的一端有一小孔，此孔很可能是用来固定锯条的[22]，如若两端都有小孔，则不能完全排除弓架锯的可能。我曾分析过一件四川峨眉所出战国青铜锯，成分为：铜88.955%、锡11.044%，可见这成分选择是不错的[23]。铜锯强度和硬度都较低，故不能做得太长、太宽。钢铁锯至迟见于战国晚期，湖南长沙等地都有出土[24]。汉代之后有了进一步发展，陕西长武丁家机站出土东汉铁锯条1件，长58厘米，宽2.2~2.8厘米，厚0.18~0.22厘米，锯齿明显倾斜，齿形近直角三角形，锯条两端靠背部有固定锯条的系绳小孔[25]。河南长葛汉墓出土有弧形锯，锯体为半圆形，“锯齿均向中间倾斜，并间隔向两侧弯曲为‘掰料’（或叫拨料、锯料）”，其两柄的间距为7.2厘米[26]。

错。今又作锉，古时又作鑢。《玉篇》：“错，鑢也。”铜错始见于战国时期，1935年河南汲县山彪镇战国1号墓出土1件，表面刻有阶梯状、单斜线状纹，半坡半峻，颇为锋利[27]，河北平山战国中山国墓出土2件[28]。铁错始见于战国中晚



期，湖南衡阳[29]、河北易县等地都有出土[30]。

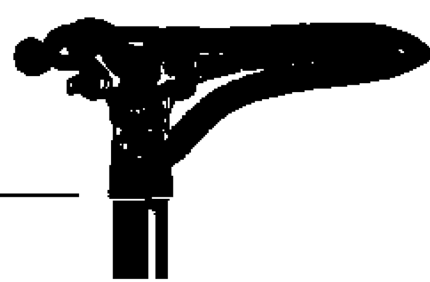
针。铜针始见于玉门火烧沟四坝文化时期[4]。商周之后出土量明显增多，山东济南商墓[31]、新疆哈密焉不拉克墓地、轮台县群巴墓（相当于西周中期到春秋中期）[32][33]、河南登封阳城战国早期铸铁遗址[34]等都有出土。有的还见有引线的小孔。钢针始见于春秋战国时期，侯马东周陶窑[35]、湖北包山楚墓等都有出土。包山钢针残长8.18厘米，直径0.08厘米，鼻孔呈椭圆形[36]。金属针的使用，提高了缝纫生产的速度和质量。

钻。一种重要的钻孔工具，有石质、铜质、钢铁质。石钻始见于旧石器时代晚期，当时的钻孔术便达到了相当高的水平。铜钻始见于龙山文化晚期和齐家文化，胶县三里河[37]、武威皇娘娘台各出土2枚[38]。铁钻约始见于战国，燕下都武阳台村战国中晚期遗址等地都有出土[39]。商、周时期，由于金属器的大量使用，钻孔术有了一定的发展，不但钻琢玉石，很可能还用到了金属加工中。北京延庆县军都山文化墓出土一件青铜敦，其盖上见有一段裂纹曾经铆固。盖厚2.0毫米，计有4个铆孔，分布于裂纹两侧。铆孔稍呈漏斗状，4个铆孔的外口径和内口径分别为：4.3毫米、3.5毫米，4.1毫米、3.7毫米，3.94毫米、3.3毫米，3.0毫米、2.6毫米。铆孔之壁较为光滑，器盖里、外两侧均无变形迹象。我们推测此孔应是利用旋削的方式，而不是钉穿的方式加工出来的。打击加工出来的孔壁和器表，都应当是不太光滑、不太平整，而且往往会因受力而变形或磨损。同时，器盖厚仅2毫米，打击所成之孔应以圆柱状为夥。旋削的具体操作可能有两种途径：（1）用竹竿沾带解玉砂，之后反复旋研，具体操作有如琢玉一般。（2）用带棱刃的铜钻头，或者夹有棱刃的金刚石之钻刀，反复旋研。可用手工操作，也不排除使用了简单机械的可能性[40]。

《管子·轻重乙》云："一农之事必有一耜一铫一镰一耨一椎一铚，然后成为农。一车必有一斤一锯一釭一钻一凿一銶一轲，然后成为车。一女必有一刀一锥一箴一鉥，然后成为女。请以令断山木，鼓山铁，是可以毋籍而用足。"戴望注云：銶，"凿属。"鉥，"长针也。"这大体上反映了战国中后期铁质手工业工具、农具以及日用器广泛使用的情况。

（二）犁。犁主要由犁铧和犁架两部分组成。目前在考古发掘中看到的主要是犁铧，犁架则很少看到。

犁铧也经历了由石质、铜质到铁质的过程。在考古发掘中，铜质犁铧约始见于商代中晚期，江西新干大洋洲出土2件，皆近于等边三角形，体宽，两侧薄刃微弧，正面中部隆起，背面平齐，銎口断面呈钝三角形，两面均有饰纹。1件长10.7厘米，肩阔13.7厘米，銎高1.9厘米；另1件长9.7厘米，肩阔12.7厘米，銎高1.6厘米，銎部正中有一装柄用的固定孔[41][42]。往昔在陕豫之间[43]和济南各出土过商代铜犁1件[44][45][46]；20世纪七八十年代时，浙江长兴县出土西周晚期铜犁2件[47]。铜犁数量虽仍较少，但还是具有重要技术意义。济南铜犁呈等腰三角形，边长13.5厘米、上端宽14.5厘米，重400克，稍残，器身中部隆起，銎部呈扁锥形，器身上有两个固定孔[44]。铁犁约始见于东周时期，目前在山西侯马北西庄东周遗址[48]、河南辉县战国墓[49]、河北易县燕下都战国遗址等都有出土[50]。侯马



铁犁铧原断代为春秋，恐嫌太早[51]，今改定为战国之物。辉县犁铧呈等边三角形，斜边长17.6厘米、中央尖部宽6厘米、两侧宽4厘米，犁刃顶端上下两个面都有脊棱线，犁头尖角约120度，重465克。《孟子·滕文公》:“许子以釜甑爨，以铁耕乎?”孟子（公元前372~前289年）为战国中晚期人，由这些考古资料和文献记载看，战国中晚期时，铁耕使用已经较广。

犁耕之始，自然是人力牵拉的，之后才使用了畜力。牛耕始于何时，是学术界长时期争论的问题。唐徐坚《初学记》卷二九“兽部·牛”引《世本》曰:“胲作服牛。”原注:“胲，黄帝臣也。能驾牛。”[52]依此，驯牛应可上推至黄帝时。《山海经》载:“后稷之孙曰叔均，是始作牛耕。”[53]后稷曾被尧举为农师，其孙当为夏初之人，依此，牛耕当始于夏初。但这些说法都很难得到相关资料的证实。今日所见较为确凿的资料属春秋时期。《史记》卷六七“仲尼弟子传”载:“冉耕，字伯牛。”“司马耕，字子牛。”足见春秋晚期牛耕使用已广，故牛耕的起始年代应在春秋早期或更早。

在农具中，最早用铜制作的是镰，其始见于齐家文化西坪遗址[4][54]。稍后，火烧沟文化出土有铜镰和铜镢。但从商到西周，在农具中占主导地位的依然是石器，青铜农具使用量是不太大的。

（三）杠杆

人们对杠杆原理的利用当可上推到新石器时代，春秋战国时期便有了较为明确的记载，大家较为熟悉的应用实例是衡器和桔槔。

衡器。《汉书》卷二一上“律历志·衡权”条:“衡权者，衡，平也，权，重也。衡所以任权而均物，平轻重也。”衡器的发明年代今已难考。《史记·夏本纪》云：禹“其仁可亲，其言可信。声为律，身为度，称以出”。此“度”应即长度，“称”应即权衡。此说夏禹之时便有了称量的衡器，可惜无其他旁证，从一些更为明确的记载和考古资料看，至迟发明于春秋战国时期。

《庄子·胠箧》篇在抨击圣人的所谓仁义时说:“为之权衡以称之，则并与权衡而窃之。”《荀子·礼论篇》在论述礼时说:“衡诚县矣，则不可以欺轻重。规矩诚设矣，则不可以欺方圆。”一般而言，这种衡器应包括天平和杆秤两种，前者在先秦文献和考古发掘中都可看到，后者则主要见于文献记载。“胠箧”和“礼论”所云权衡至少是指天平，是否包含了杆秤，则不便肯定。

今在考古发掘中所见最早的权衡器属春秋战国时期，但多数只存有铜砝码（铜权），木衡因易于坏朽而难以保存下来，较为完整的权衡器在湖南长沙[55]、安徽寿县、安徽巢湖[56]、湖北江陵雨台山[57]等地都有出土。

1952~1994年，湖南长沙近郊发掘2048座楚墓，出土权衡器计327件，其中有天平12件，铜砝码315件。在天平中，完整者仅1套，另有天平盘11件。天平盘形制相同，边钻孔，大小略有差别[55]。

1933年，安徽寿县朱家集出土完整的天平一套，其中有砝码6枚，以及与之配套的木衡和铜盘；在第7枚砝码上刻有“郢之官环”字铭[56]。

1975~1976年，江陵雨台山楚墓出土3套砝码14件，天平衡杆1件。属战国早期到战国晚期。衡杆木质，四棱扁条形，四端和中间各有一个供穿绳的小圆孔，



长28.3厘米。其中战国早期的一套砝码计4枚，重量分别为：7.1克、3.5克、1.5克、0.8克；战国中期的一套计7枚，重量分别为：125克、62克、30.9克、15.77克、7.75克、3.8克、1.98克[57]。

1945年，长沙近郊出土10枚砝码，重量分别为：0.69克、1.3克、1.9克、3.9克、8.0克、15.5克、30.3克、61.6克、124.4克、251.3克，当为一套；第9枚上刻有“钧益”二字[58]。

此外，江陵九店还出土过3套砝码[59]。至20世纪末，楚国范围约出土过10套砝码。一套完整的砝码约有10个级别，分别为1斤、半斤、4两、2两、1两、12铢、6铢、3铢、2铢、1铢。从实物测算可知，楚国衡制与汉制中的斤、两、铢制是相符的，其关系为：1斤=16两，约250克；1两=24铢，约15.6克；1铢约0.65克[56][60]。在战国时期，这些砝码重量虽有波动，但基本上还较为稳定，这也说明楚国衡制比较稳定，不但斤、两、铢制没有变化，而且重量亦无变化，而且楚国衡制与全国衡制基本上也是统一的[55]。

杆秤的发明年代应与天平相当或稍晚。《史记》卷六七“仲尼弟子传·端木赐”:“子贡南见吴王说曰：‘臣闻之，王者不绝世，霸者无彊敌，千钧之重，加铢两而移。’”说加铢两而能移千钧，这显然是指杆秤，而不是天平。其年代当在春秋晚期。

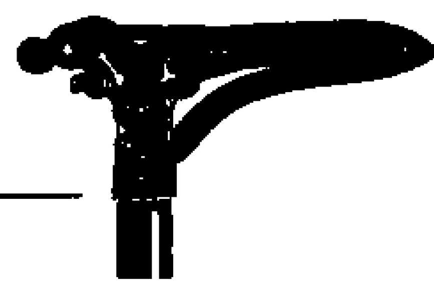
《墨子·经说下》还反复谈到了权衡器的平衡原理:“衡加重于其一旁必捶，权重相若也。相衡，则本短标长。两加焉，重相若，则标必下，标得权也。”《说文解字》：标，“木杪，末也”。本，“木下曰本”。即是说，“标”指秤的末端，“本”指秤的首端。这段文字总共三句，许多学者都作过研究。有学者认为第一句指天平，第二、三句指杆秤，这应是不错的。但我以为三句都可能是指杆秤的。其大体意思是：当秤杆水平时，在秤的本端（粗端）加重，本端必然下垂，因权重须与之相当。若本端加重后秤杆是水平的，则必是移动了权的位置，使之本短标长。在标长本短的条件下，若在本端和标端分别加上重量相等之物，则标端必然下垂，因“标得权也”。

杆秤实物在考古发掘中很少看到。今见较早的秤的形态是南朝萧梁（502～557年）时期张僧繇绘执秤图①（图2-4-1）[61]。



图2-4-1　萧梁张僧繇绘执秤图
采自文献[61]

① 萧梁张僧繇绘执秤图，见郑振铎《中国历史参考图谱》。但原图已较模糊，今人丘光明据此临摹。今采自文献[61]丘光明摹本。



桔槔。是一种吊杆式提运装置，多用来提水，也可提运其他物件。《淮南子·汜论训》:“斧柯而樵，桔槔而汲。”传说桔槔始创于夏末商初，明代罗欣《物原》说:“伊尹始作桔槔。”今见最早的桔槔属西周时期，为1988年江西铜岭西周晚期选矿遗址内出土桔槔衡杆1件，残长2.6米，直径10~14厘米。杆身上有一凹槽，应是用于捆绑以固定到立柱上的，杆旁有一立柱，并有一些装满尾砂的竹筐和选矿溜槽。看来，铜岭桔槔不仅可用于提运废砂，而且可用于浅井掘进中的提运[62][63]。关于桔槔的记载始见于春秋战国时期，大家较为熟悉的，一是本书第一章第四节曾经引用的《庄子·天地》篇所云:“凿木为机，后重前轻，挈水若抽，数如泆汤，其名为槔。”这是对桔槔较为详明的描写。二是《庄子·天运》篇引师金答颜渊云:“子独不见夫桔槔者乎？引之则俯，舍之则仰。”这里也谈到了桔槔。这都是我国古代关于桔槔的较早记载。桔槔在我国一直沿用至今。

抛石机。是一种利用杠杆原理来投掷石器的远程兵器，从有关记载看，其约始于春秋晚期。《汉书·甘延寿传》“投石拔距”条唐颜师古注云:“张晏曰:《范蠡兵法》飞石重十二斤，为机发，行三百步。”这种能发石的机械为抛石机无疑，具体形态不详，发明年代应在春秋范蠡之前。至于早到何时，有待进一步研究。

《左传》桓公五年（公元前706年）有“旝动而鼓”一句，对其中的“旝”字，杜氏注曾有过两种不同的解释：一是令旗。“旝，旃也。通帛为之，盖今大将之麾也，执以为号令”。二是抛石机。“建大木，置石其上，发机以磓敌”。唐孔颖达从令旗说；汉贾逵（公元30~101年）、许慎《说文解字》从抛石机说。此“旝”是否为抛石机，亦有待进一步研究。

（四）欹器

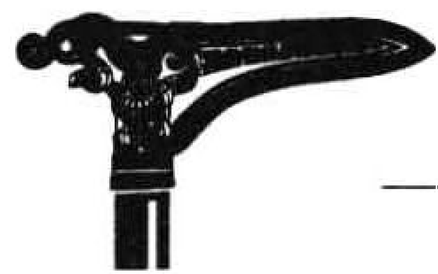
欹，倾斜。欹器，虚则欹，空腹则倾斜之器。《荀子》卷二〇“宥坐篇”唐杨倞注为“倾斜易覆之器”，不确切。此器原是一种坐右器，用于随时提醒人们不要过与不及。至迟发明于西周时期。

《荀子·宥坐篇》载:“孔子观于鲁桓公之庙，有欹器焉。孔子问于守庙者曰：‘此为何器？’守庙者曰：‘此盖为宥坐之器。’孔子曰：‘吾闻宥坐之欹器者，虚则欹，中则正，满则覆。’孔子顾谓弟子曰：‘注水焉’。弟子挹水而注之。中而正，满而覆，虚而欹。孔子喟然而叹曰：‘吁，岂有满而不覆者哉。’”杨倞注:“宥，与右同，言人君可置于坐右，以为戒也。”这是古代文献中最早提到欹器的地方，故事旨在说明为人处事需不虚不盈，方得不欹不覆。欹器原理约与小口尖底瓶相类似。类似的记载在《韩诗外传》三、《淮南子·道应训》、《说苑·敬慎》、《孔子·家语·三恕》等中都可看到。这种欹器在我国沿用了相当长一个时期，汉晋之后还有人制造过，但作为“坐右器”的意义却逐渐减弱，遂由最初的宗庙之器变成了一种游艺性器具。

（五）滑车、辘轳和绞车

滑车，属提升机械，“滑车”之名始见于明或稍前，今谓之滑轮，有关实物始见于商代晚期。今日所见先秦实物计有5件，皆出土于江西铜岭，1件属商代晚期，3件属春秋，另一件当属商、周[62][63]。

1989年，江西铜岭古铜矿遗址出土1件滑车，宽32厘米，两侧各有5齿，齿



顶距轴孔中心17.5厘米，滑车与绳的接合面宽12厘米，滑车直径25厘米。轴孔大小有两种尺寸，中间7.5厘米、两侧为5.5厘米。据^{14}C年代测定，距今为3240±80年，属商代晚期。

1988年采集1件滑车，半成品，圆木长38厘米、直径28厘米，轴孔仅在圆木一端可见，直径6厘米，当属商、周时期。

1991年出土2件滑车，皆出于铜岭2号露天槽坑，其中一件残，采用长16厘米、直径22厘米的圆木加工而成，约有12齿（今残7齿），齿断面呈梯形，齿高4厘米、齿顶厚1.9厘米、齿根厚3.5~4.0厘米，齿间距为3.8厘米~4.2厘米不等，齿顶上微凹环槽。轴孔直径6厘米。另一件为半成品，圆木长12厘米、直径16厘米，其上见有未凿完的环形凹槽，断代春秋。

1993年又采集1件滑车，由长27厘米、直径25厘米的圆木加工而成，滑车9齿，齿高4.7厘米，齿上有微凹槽，轴孔直径6厘米。经^{14}C测定为距今2615±80年，属春秋时期。

这些滑车原皆定成了辘轳[64]，因其皆未装摇柄，故有学者又将之改定成了滑车[62][63]。因动滑轮需要稳定，通常较短，故较宽的滑车当是一种定滑轮。这些滑轮虽然有齿，但似非用于传动，而是用于防止绳索脱离，因其齿间距小于齿的厚度，不可能正常啮合。另有一事也很值得注意，即商代滑车两侧的齿间皆开有一个径向小孔，并与轴相通，孔径为3.0厘米×2.5厘米，可能是用来添加润滑剂的（图2-4-2）[62][63]。

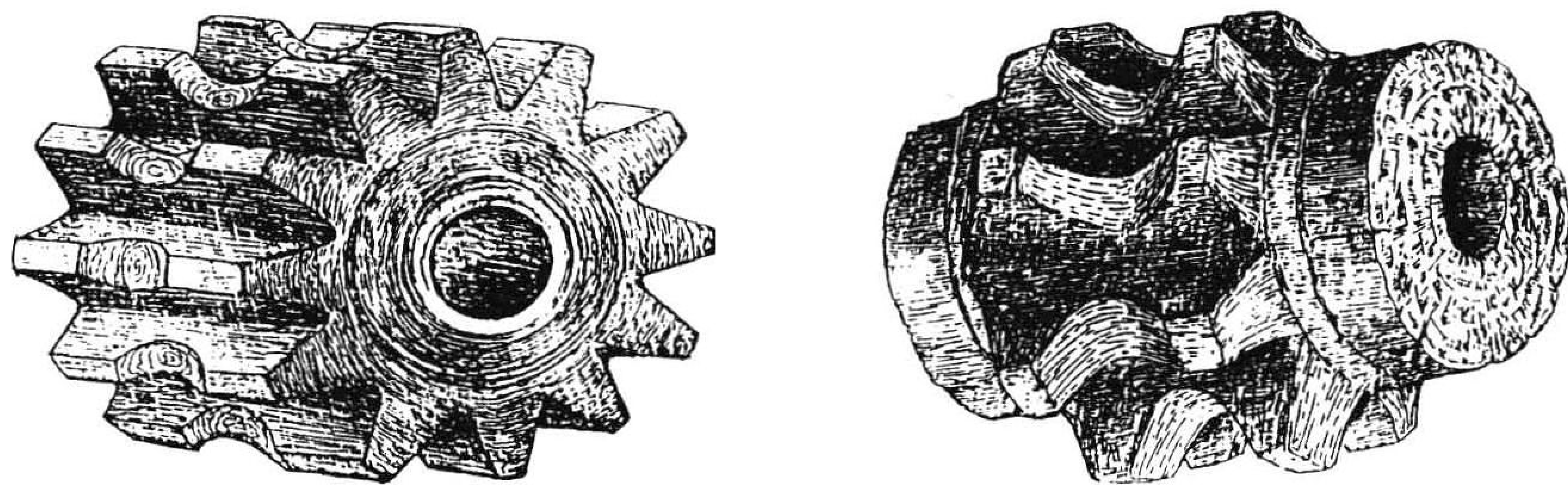
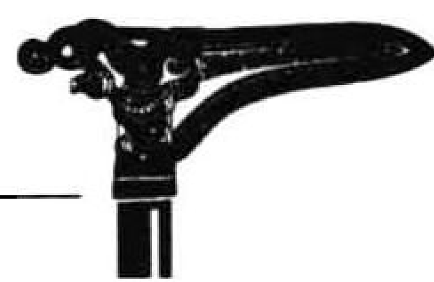


图2-4-2　江西铜岭商代晚期滑车

左：91滑车：1　　右：93滑车：1

采自文献[62]第75页

辘轳。一种提升机械，古谓之“磨鹿”、“鹿卢”、“下磨车”等。《物原》云：“史佚始作辘轳。”史佚为周初史官，若所述无误的话，辘轳的发明期便至少可上推到西周初期。战国时期，有关记载便明显增多起来。《墨子·备高临》篇在谈到攻城之法时说：“矢长十尺，以绳□□矢端，如如戈（弋）射，以磨鹿卷收。”此“磨鹿”即辘轳。孙诒让注云：“《六韬·军用》篇有转关辘轳。此‘卷收’，即冢上矢端著绳而言，古弋射盖亦用此。《国策·楚策》云‘弋’者，修其茾卢，治其矰缴。卢亦即鹿卢也。”“收，旧作牧，以意改。”[65]这说明《墨子》、《战国策》、《六韬》都曾提到过辘轳。又《墨子·备蛾傅》“折为下磨车”，孙诒让注云：“下磨车亦即备高临篇之磨鹿，盖县重物为机以利其上下，皆用此车，故《周礼》王



葬以下棺……之机亦即此也。”此“王葬以下棺……之机”当亦属西周时期。这些都在较大程度上反映了辘轳技术的发展和广泛使用的情况。

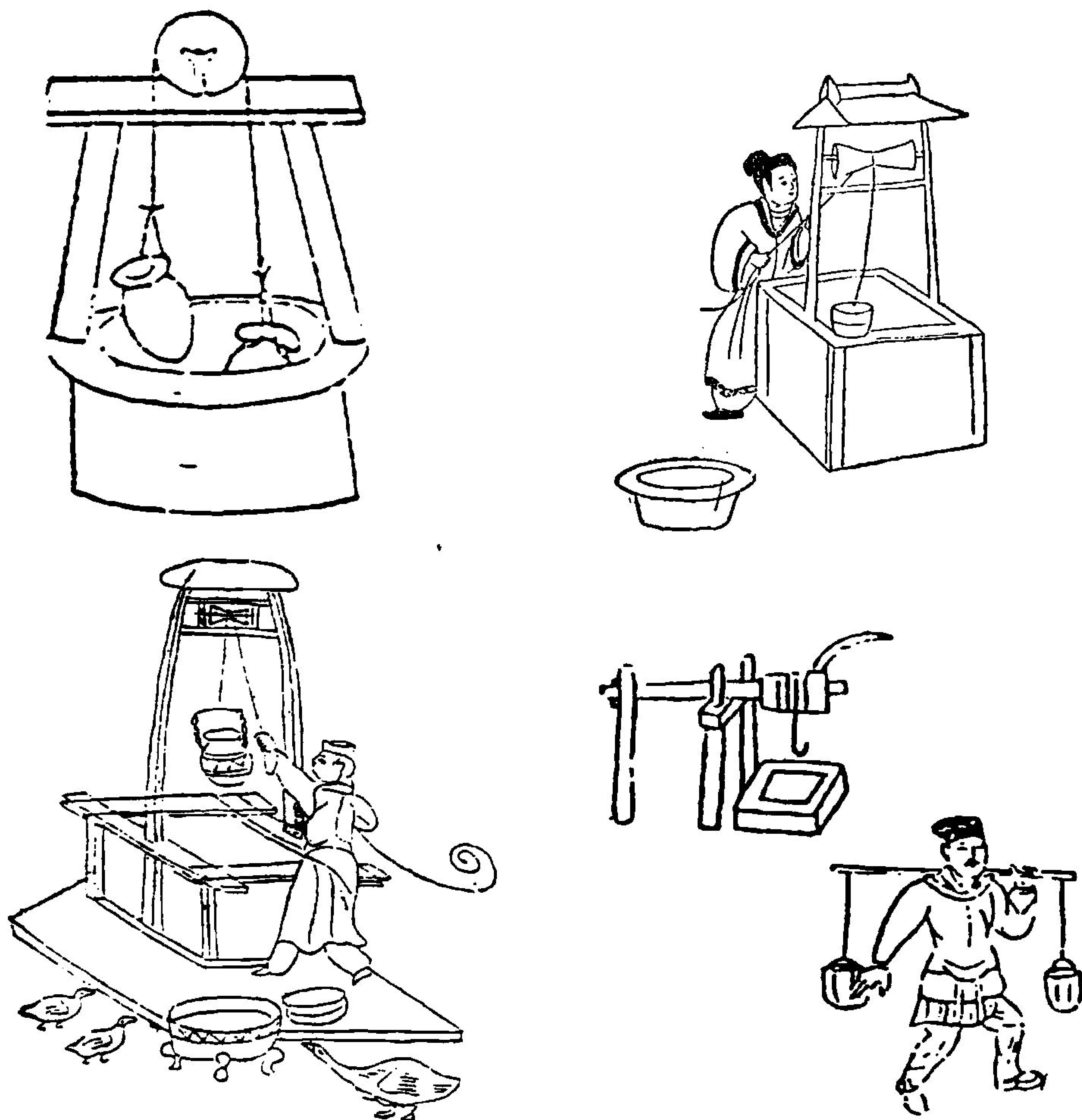


图 2-4-3　汉代和金代的绳索提升机械

左上：洛阳汉墓陶井中的提水滑车　采自文献[67]
右上：辽宁辽阳三道濠东汉墓壁画中的提水束腰辊轴　采自文献[68]
左下：山东诸城东汉墓画像石上的提水束腰辊轴　采自文献[69]
右下：山西绛县金墓壁画上的摇柄辘轳　采自文献[66]

先秦辘轳的具体形态今已难得详知。今所谓“辘轳”是以摇柄，或说曲柄来摇动的，其绳索接触部与中轴是连成一个整体的，中轴活动部位在其两端与支架接触部。在考古发掘中，这种摇柄辘轳是到了金代才看到的（图 2-4-3）[66]。在此有一点值得注意的是，今在汉画像石、汉陶井模型，以及汉井盐开采中看到的绳索牵动提升工具，基本上都是“滑车”式[67]或“束腰辊轴”式的[68][69]，而未见“摇柄”式。此滑车实际上是一种定滑轮，滑轮可在轴上转动，轴的两端固定。此“束腰辊轴”与滑轮不同，其活动部分设在转轴两端支架支付处，束腰辊轴与



中轴是不能活动的整体。为此，有学者认为，我国古代的辘轳原应包括三种类型：其始为“滑车式”，稍后为“束腰辊轴式”①，再后才是现今的摇柄式[70]，具体构造各不相同。此说法或有一定道理，但需考古资料和文献资料的再次核实。

在现有资料中，人们把摇柄式绳索提升机械，与滑车区别开来之事当始于金或稍前，有关文字却是明代才看到的。王徵《奇器图说》卷三在谈到起重机械时，曾多处同时提到“辘轳”和“滑车”这两个名称，其“辘轳”便是摇柄式绳索提升机械，滑车便是滑轮。

绞车。一种绳索牵引机械。是在转轴的径向加了多个长柄的滑车，转动长柄，便可牵引包括船舶在内的多种重型物体，发明年代当与辘轳相当或稍后。今见实物属东周时期，所知东周实物计约3件，即湖北大冶铜绿山出土2件[71][72][73][74]、红卫古铜矿1件[62][63]。在铜绿山2件中，1件为成品，1件为半成品。轴全长250厘米、直径26厘米。在轴的两端做出圆柱形轴颈，颈长分别为28厘米、35厘米。轴的左右两方各凿有两周长方形的孔洞，孔中穿有半榫。两圈孔洞错开凿出，内圈孔洞较稀、大、深，孔间距8~10厘米，孔长8~9厘米、宽3~4厘米、深6~8厘米，故榫头也较粗大，安装较为牢固。将绞车放到支架上，扳动木杆，就能提升重物。外圈孔密，孔间距2厘米，孔长8厘米、宽3厘米、深3厘米。装入木杆后，可起到制动闸的作用，推上位于绞车支架上的插销，就能控制轴的回转，木杆较密的优点是便于随时停住（图2-4-4）。设计相当合理[73][75]，表现了相当高的技艺。《六韬·军用》篇曾多次提到过“绞车连弩”，这是文献上较早提到“绞车”的地方。《六韬》，旧题姜太公作，一般认为是战国时人所撰。

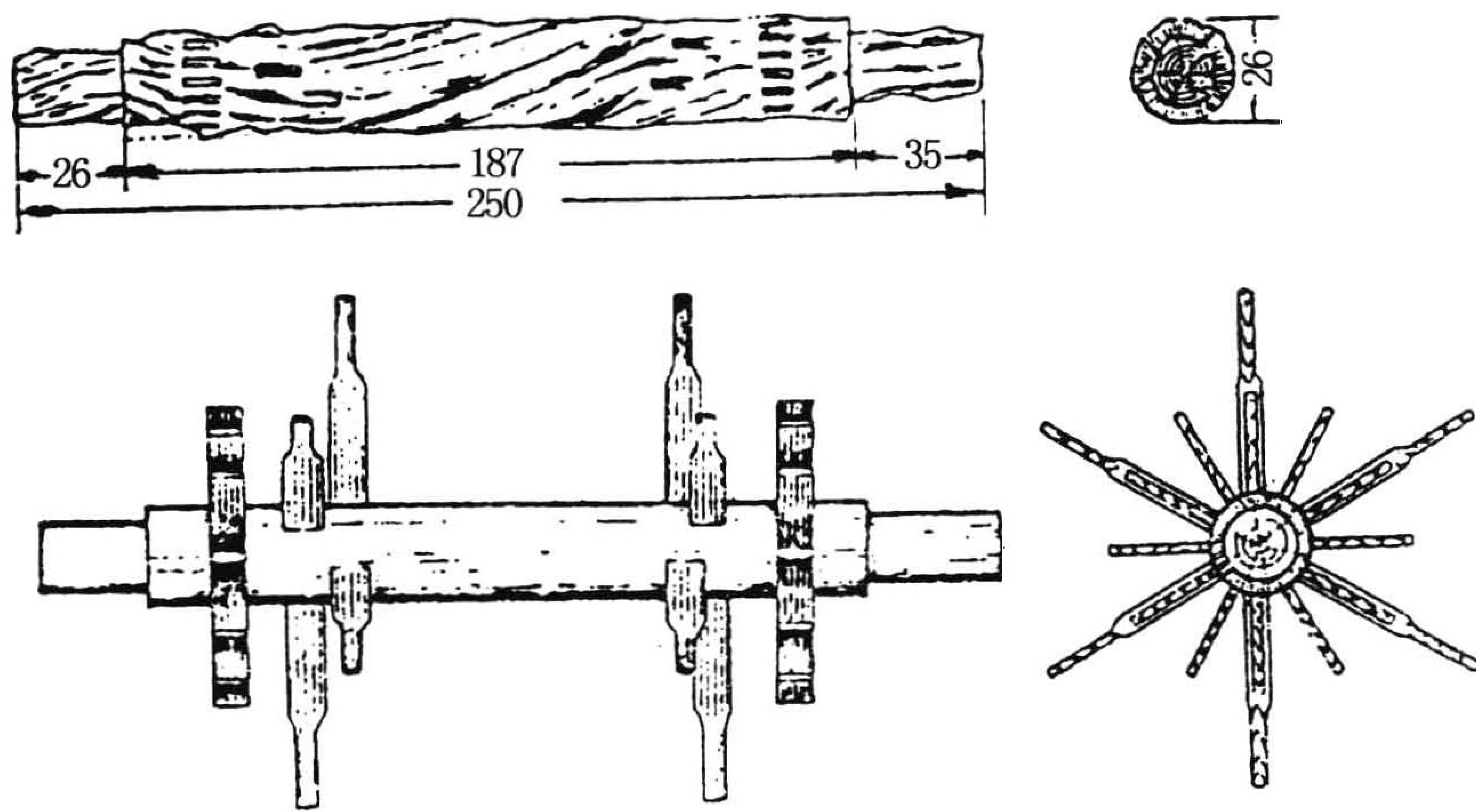
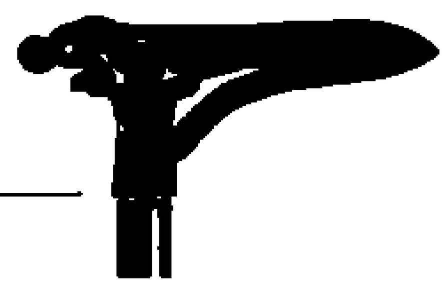


图2-4-4 铜绿山绞车复原图

采自文献[75]第86页

① 束腰辊轴式，1955年李文信始谓之“细腰辘轳”，1984年李趁友亦沿用了这一名称（分别见文献[68]、[70]）。



此滑车、辘轳为绳索提升机械，包括绞车在内，都属绳索牵引机械；唯滑车和辘轳常为垂直牵引，绞车常为水平牵引。古代机械中的绳索约有两种，一是牵引和驱动绳索，二是传动绳索。滑车、辘轳、绞车的绳索主要是用作重物提升和搬运的，绳索本身便是机械的执行部分，虽其也传递了力，但其主要目的是移动重物，当属牵引绳索。旧石器时代发明出来的弓弦，《天工开物》所云琢玉床中的绳索，大体亦属此类，当属驱动绳索。牵引也是一种驱动。古代纺车绳索则属另一类型，其有主动轴，亦有从动轴，纯系力的传递，便属传动绳索。显然，此两种绳索是有一定差别的。

（六）测量工具

在此主要指规、矩、准、绳，即圆规、角尺、水准器、墨线，发明年代不详，但河姆渡木构建筑、龙山文化城址、二里头宫殿遗址，以及良渚文化、红山文化玉器都体现了相当高的测量技术水平。《世本》云："垂作规矩准绳。"此"垂"又作"倕"，高诱说他是"尧之巧工"[76]。《史记·夏本纪》在谈到禹治水时说："命诸侯百姓兴人徒以傅土，行山表木，定高山大川……左准绳，右规矩，载四时，以开九州。"看来，夏或夏前发明出规、矩、准、绳四大工具还是完全可能的。

20世纪70年代，洛阳北窑发现一处西周铸铜遗址，出土了不少骨质、铜质的制范工具，尤其值得注意的是车軎顶部绘有十分规整的同心圆纹，圆心处还发现有针眼，这显然是某种绘图圆规的遗痕[77]。我在考察淮阴高庄战国刻纹铜器时，看到相当部分刻纹都十分规整、流畅，应是在直尺、曲线板的帮助下，反复刻划而成的，没有这些工具，诸线纹便很难达到那种效果[78]。许多战国青铜剑的首部都有凸起的同心圆纹，尤其是江陵所出者，其凸纹常在7~10圈左右，每一层都很薄，其间隔既窄且深，层层相套，若无精细的绘图工具和高超的技艺，是无法生产出来的[79]。类似的几何图案在商周青铜器上几乎到处可见。尤其值得注意的是，1994年江西德安县陈家墩商周遗址在两口水井中曾清理出测量工具木垂球和觇标墩。垂球上圆下尖，圆平面中心有一小孔；觇标墩上圆，三足连体呈三角形，圆平面光滑，中心有0.4厘米的大圆窝。有关研究认为，这是挖井用的测量工具。因这类测量工具的使用，才使我国古井都较规范[80]。

先秦文献关于测量工具的记载较多。《庄子·胠箧》在抨击圣人时说："毁绝鉤绳而弃规矩，攦工倕之指，而天下始人有其巧矣。"此"鉤"当指钩弧。这里谈到了钩弧、墨线、圆规、角尺四种测量工具。《庄子·天道》："水静则明烛须眉，平中准，大匠取法焉。"《管子·形势解》云："以规矩为方圆则成，以尺寸量长短则得。"这里谈到了规矩和直尺。《考工记·国有六职》云："车轸四尺，谓之一等；戈柲六尺有六寸，既建而迆，崇于轸四尺，谓之二等；人长八尺，崇于戈四尺，谓之三等；殳长寻有四尺，崇于人四尺，谓之四等……"原文谈到了车的六种规格、六组尺寸，这是测量工具使用已广的一种反映。类似的尺寸规范在《考工记》一书中是很多的。另外，据钱宝琮研究，《考工记·车人之事》条还谈到了矩、宣、欘、柯、磬折，这是我国古代最早的一套角度概念，其虽流传未广，但毕竟反映了我国古代的一种认识水平[81][82]。

先秦时期已有了较为详细的地图，这是测量工具发展水平的又一反映。《周



礼·地官·大司徒》:"大司徒之职，掌建邦之土地之图……以天下土地之图，周知九州之地域广轮之数，辨其山、林、川、泽、丘、陵、坟、衍、湿之名物，而辨其邦国都鄙之数，制其畿疆而沟封之。"此外，《周礼·地官·遂人》、《管子·地图》篇、《战国策·赵策》等都谈到过地图。

（七）旋转磨

在农业发明后的相当长一个时期内，人类都是粒食的，新石器时代的石磨盘、石磨棒、杵臼等，大约只能用来去除谷物的皮壳，粉碎效率很低。面粉的真正使用，应是春秋战国时期，即旋转磨出现后的事。

《墨子·耕柱》:"子墨子谓鲁阳文君曰：今有一人于此……食不可胜食也。见人之作饼，则还然窃之。"此饼，《说文解字》云:"麺餈也。"段氏注:"麦部曰：麺，麦末也。麺餈者，饼之本义也。"可知至迟墨子生活的年代，已有了粉碎谷物的工具，人们已经麺食。

今在考古发掘中所见最早的圆形旋转磨属战国时期，计约3具。河北邯郸出土1具，属战国时期，形制不详[154]；陕西临潼秦故都栎阳遗址出土1具，仅存下扇，直径55.5厘米、厚8.0厘米，中心有一方形竖孔，中置铁芯轴，磨盘上凿有7排磨齿，按同心圆状排列，属战国晚期至秦[155]。陕西临潼郑庄秦石料加工场1具，亦属战国晚期至秦[156]。

旋转磨的出现，对于改善人们的生活质量，提高健康水平，都具有重要的意义。

二、几种连接件和弹性件的发明和发展

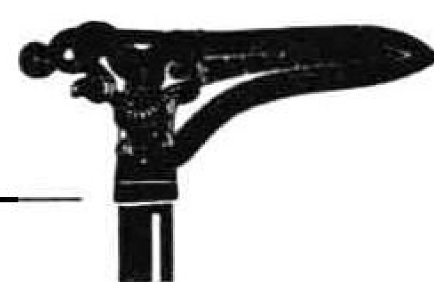
从考古资料看，夏、商、周的机械连接件习见有榫、销、燕尾槽、铆钉、销轴等。当时前三种多为木质，后二者多为金属质。榫、销在河姆渡木构建筑中便已出现，自可援用到机械装置上。林寿晋在《战国细木工榫接合工艺研究》一书中谈到过14种榫合法，其中包括直榫、鸠尾榫、圆榫等，都表现了相当高的技艺[83]。铆接多见于春秋战国时期，当时多为铸铆，锻铆较少，这类例子较多，不再一一说明。下面主要谈一下销轴活动连接，以及弹性件中的锁簧片和弓弩。

（一）销轴活动连接——铜活页

始见于春秋时期，淅川下寺春秋5座楚墓[84]、湖北当阳曹家岗春秋晚期5号墓等都有发现[85]。

淅川下寺5号墓出土过34件，皆用在车上，大体可分为三式：I式，14件，基本特点是一端有环钮，另一端为两块相向而不相叠的叶片，其与环钮相连，两叶片之间呈固定连接，不能互相开合，其间留有4毫米左右的空隙。两叶片上各有4个相对应的圆孔。环钮与叶片相接处有一活动的销轴，可以转动。其中M36出土的3件活页大小完全一致，长7.3厘米、宽3.5厘米，其他几件的尺寸亦相差不大。表面或素、或饰卷云纹。II式，17件，形制与I式基本相同，唯两叶片上各有3个（而非4个）对应的圆孔。III式，3件，基本形制是两个长方形铜片呈"丁"字形以销轴相连，一枚铜片呈双层，但不能开启；两枚铜片上各有4个孔洞，其中一件长6.7厘米、宽5.4厘米[84]。

当阳曹家岗5号墓出土铜活页3件，亦系销轴活动连接，由叶片和销轴组成，



长5.4厘米、宽2.8厘米、厚0.9厘米，叶片为两块方形铜片，上作凹口，轴程与叶片凹口两侧铰接。叶片饰圆点纹，中间有4个圆钉孔[85]。

（二）活动铰接——折叠床

活动铰接的实物在先秦机械中所见较少，折叠床大约是个较好的实例，对人们了解先秦及至后世机械的活动铰接是有一定帮助的。

1986～1987年，湖北荆门十里铺包山战国墓出土1件折叠床。木质，由两个尺寸和构造都完全相同的半边组成，保存完好。全床包括床身、床栏、床屉三部分。每半边床又分别由床挡、床枋、挡枋连铰木、横撑组成。整个床拼合长度为220.8厘米、宽为135.6厘米、通高38.4厘米，其中床栏高14.8厘米、床屉高23.6厘米。其固定连接件主要是一些不同形式的榫卯接合。其“活动”连接件主要是一些不同形式的“铰木”（图2－4－5），实际上是一种“活动轴销”。铰又有单层和双层之别。单层铰的直径常为4厘米，厚2.2厘米左右，铰面中间有一圆形透孔，孔径0.9厘米。双层铰的直径亦4厘米，每层厚均为2厘米，铰面中央亦有一个透孔，孔径0.8厘米，上下两层铰之间内空约2.2厘米。铰的连接处用直径为0.8厘米（或稍小）的木质轴芯“固定”，折叠后，床架长137厘米、宽15厘米[86]。

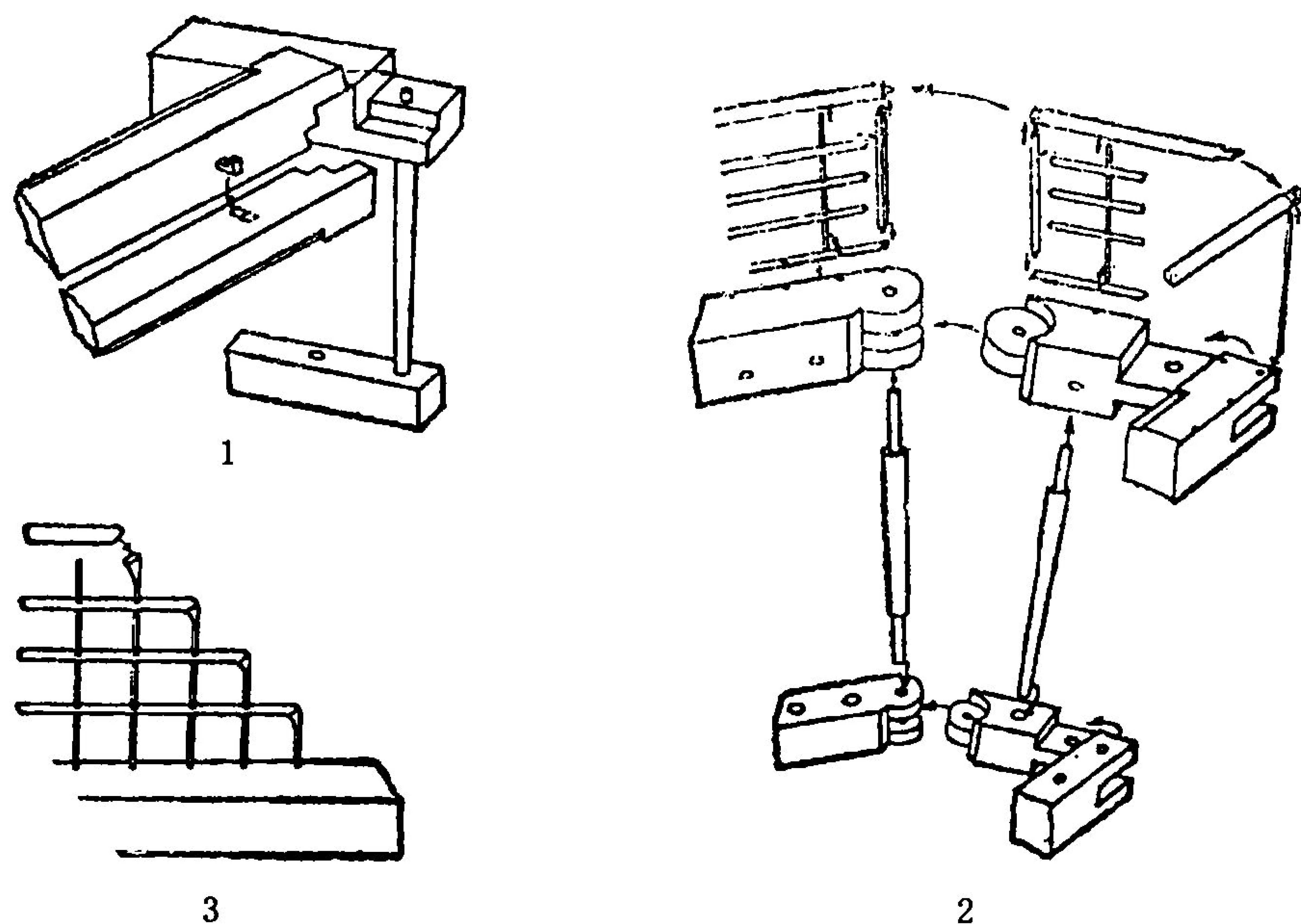


图2－4－5　包山楚墓折叠床“活动连接”示意图

1. 边搭榫及勾状钉结构　2. 铰接和榫接法　3. 床栏台阶结构

采自文献[36]第121页

此外，河南淅川下寺春秋楚墓还出土过5件双轴连环器，铜质，呈活动连接，但用途不明[87]。

（三）弹性件

夏、商、周时期，人们对弹力的利用主要包括两个方面：一是弓、弩；二是

簧片。弓弩发明较早，主要用于狩猎和军事。弹簧片如锁簧、镊子，是生活用器。它们都是商、周时期随着金属技术的发展而发明出来的，今主要介绍一下锁簧片。

锁簧。锁，古又谓之"鏁"。《文选》载晋潘安仁《马汧督诔》云："于是乎发梁栋而用之，罥以铁锁机关，既纵礧而又升焉。"它至迟发明于春秋晚期，1955 年寿县蔡侯墓曾出土过两件铜质锁形饰，长 16.0 厘米、宽 5.5 厘米，镂空，中有一环轴，此轴可上下抽动，但不能抽出，当被一片状簧卡住[88]。1979 年河南淅川下寺春秋 2 号楚墓出土一件，甚残，仅见锁身残部及锁舌，残长 3.4 厘米、残宽 2.4 厘米、残高 1.5 厘米，2 号墓的主人是楚令尹子庚，年代为公元前 552 年或稍后[89]。1984 年湖北当阳曹家岗春秋晚期楚墓出土 1 件锁形器，凹字形，有长桯，侧面呈"8"字形，体镂空，桯轴可转动，但不能脱出；一端有桯环；桯长 21.5 厘米、体长 4.5 厘米、宽 4.2 厘米[85]，构造不明。见于著录的先秦铜锁至少有两起，一传为 1930 年洛阳金村东周墓出土，有锁 2 件，钥匙 1 件，但未见簧片。二约民国间出土 1 件战国铜锁，出土时间地点不明，仅存锁须（锁簧），长 6.0 厘米，上有铭文"还安"2 字，从字体上看，当为战国之物[90]。古锁形式较多，此 5 起东周铜锁中，肯定有锁簧的大约是蔡侯锁和"还安"锁，另 3 起则形制不明。

看来，我国古代对片状弹性件的利用当不晚于春秋时期，其材质主要是青铜，但这种器件的弹性还是较小的。

在此有一事需说明的是，先秦考古发掘中见有一种金银或铅锡的螺旋形丝管状物，丝管之大小、长短略有差异，其形态与后世的螺旋状弹簧极为相似，有报道称之为弹簧，其实大体上是没有弹性的，古人亦未将之作为弹性件使用。这类器物今已见有多起，1984 年，湖北当阳曹家岗春秋 5 号墓出土螺旋形丝管状物约 300 件，由丝绳穿系，丝管状物长 1.6～2.5 厘米，直径 0.4～0.65 厘米，丝径 1～1.3 毫米，旋向有顺时针和逆时针两种，不可伸张弹拉。其成分基本上是锡，另含少量硅、铜、铅、铋、砷[85]。1988 年河南春秋黄季佗父墓出土铅锡螺旋形丝管状物 110 件，成分为：锡 57.93%、铅 30.57%、锌 1.62%[91]。1978 年，湖北随县曾侯乙墓出土大量螺旋形丝管状物，其中包括金银质和铅锡合金质两种，经分析，金银弹簧成分为：金 87.4%、银 11.3%、铜 0.07%；铅锡弹簧的成分为：铅 43.9%、锡 27.12%[92]。1991 年安徽六安县战国早期墓出土金属丝管状物 1 段[93]。1979 年，吉林桦甸西荒山屯出土铜质螺旋丝管状物 1 件，时代约与战国晚期到西汉早期相当[94]。可见这种金银质、铅锡质的螺旋形丝管状物始见于春秋时期，战国、西汉都可看到，用途不明，有可能是一种装饰，原报道说六安和西荒山所出者略具弹性，但应是极其有限的。具有弹性的螺旋状弹簧应是钢铁质的，其发明年代待查。

（四）弓

《释名·释兵》云："弓，穹也，张之穹隆然也。"它约发明于旧石器时代，但新石器时代之后才得到了广泛使用。最原始的弓体大约都是单片竹、木制成的，大约到了铜石并用时代或者夏代，才出现了复合弓，即弓体由两种或两种以上的材料复合而成。早期复合弓自然比较简单，商代便达到了一定的水平。在甲骨文中，"弓"字皆作 ፀ 形，把弓中段的把手表现得十分突出。显然，这种弓已具备了



我国古代复合弓的基本特点。其弦在解去而变得松弛时，弓体是反向弯曲的，这样可使弓体长期保持良好的弹性。安阳殷墟曾发现过两张类似的弛弓痕迹：一张装有玉质弓弭，两玉弭尖部相距65厘米，弭本相距73厘米；一张装有铜弭，两弭间距也是65厘米。人们推测，张弦时，此弓长约160厘米[95]。与弭同时出土的还有青铜"弓形器"，有学者认为它是用来保护弛弓的柲[96]。柲始为青铜质，后用竹制作。《仪礼·既夕礼》："弓……有柲。"郑玄注："柲，弓檠，弛则缚之于弓里，备损伤。以竹为之。"

镞实是由弓、弩发射出去的一种尖劈，始为竹、木、骨、石之质。铜镞在考古发掘中首见于与夏相当的考古文化，在四坝文化火烧沟类型[4]、泗水尹家城[54]都有出土，稍后，与商代早期相当的二里头文化三期[97][7]、夏县东下冯三期[6]都可看到。早期铜镞的形态有的相当原始，商代晚期铜镞在技术上有两点明显的进步：一是含锡量较多，李敏生分析过4件妇好墓铜镞，基本上都是Cu－Sn二元合金，平均成分为：铜80.61%、锡17.325%、铅0.89%、锌0.148%。尤其值得注意的是，有3件镞的含锡量都在18%以上，而4件镞的含铅量都很低[98]。这就提高了镞头的强度和锋利性。二是镞的两翼夹角增大，翼末端的倒刺变得尖锐起来，翼侧还出现了明显的血漕。这样，既扩大了创伤面，射入后又不容易拔出。

周代以后，制弓术又有了较大发展，尤其是春秋战国时期，各国对弓的制作都提出了严格要求，并制定了相应的工艺规范。《周礼·夏官》载有名为"司弓矢"的职官，职能是"掌六弓、四弩、八矢之灋，辨其名物，而掌其守藏与其出入"。"六弓"即王弓、弧弓、夹弓、庾弓、唐弓、大弓。《考工记》载有"弓人"和"矢人"两节，详述了弓的材料选择和有关工艺流程，依身份服弓，以及依人之体形服弓的等级，从而使产品标准化、规范化起来。从考古资料、传统技术调查资料看，《考工记》的许多技术规定，与现代技术原理是基本相符的，并反映了一种较高的认识水平。

《考工记·弓人》在谈到选料时说，凡治弓需六材，即干、角、筋、胶、丝、漆。干的作用是使箭射远，最好的"干"材是柘，其次是檍，再其次分别为檿桑、橘、"木瓜"、荆、竹。干材须近于树心，远离树根，其色赤黑，其声清扬，处理干材时不得损伤纹理。角的作用是使箭速射。选择角时要注意牛的口齿数、健康状况和宰牛的季节。角要青白色的，根部须丰满，这样才坚韧。筋的作用是使箭深射。筋之小者，须成条而长，大者须抟结，而色有润泽。治筋须椎打劳敝。胶的作用是粘和，色须朱红而干爽。鹿胶青白，马胶赤白，牛胶火赤，鼠胶黑，鱼胶黄白，犀胶黄，其他的胶为次。丝的作用是缠固弓体，其色须如浸于水中一般清澈。漆的作用是抵御霜露，漆须清。同书同篇在谈到六材的处理时说，凡治弓，须冬析干，春浸角，夏治筋，秋天从事弓体制作，用丝、胶、漆把干、角、筋组合起来，冬天定型。冬析干则易，析干时一定要依顺木理，消除节目时，必须平缓。弓干需浸治两次。春治角则柔和，剖角时不要歪斜，角要浸治三次。以火治角治干，均以适度为宜。制弓时，峻部要方，柎部要高，限角要长，敝要薄。这样，虽无数次引弓，弓部亦能缓急自如。弓有六材，唯有干材强劲时，张弓方得顺如流水。平时将弓置于檠中，引弦至于三倍，以防弓体变形。同时，该书还对

弓的使用制度作了一些规定:“为天子之弓，合九而成规；为诸侯之弓，合七而成规；大夫之弓，合五而成规；士之弓，合三而成规。弓长六尺有六寸，谓之上制，上士服之；弓长六尺有三寸，谓之中制，中士服之；弓长六尺，谓之下制，下士服之”。

随县曾侯乙墓出土过55件复合弓，多已浮乱散断，除一件为小圆木做成外，余皆木片叠合而成。经鉴定，此木片原系刺槐，其韧性、弹性皆较好。弓长一般为1.12～1.17米，宽2.5～3.0厘米，最大者长达1.25～1.30米；每块木片厚0.3～0.6厘米。弓的制作方法完全相同，皆由三块木片拼合而成；其中两块较长，且有一定弧度，一端平齐较厚，一端较薄。两块木片较薄的一端在弓的中部叠合；叠合处附有一块短木片，即弓弣。用丝缠绕后，外表髹以黑漆。弓的两端皆有弓弭，为角质，形如蝉，贴于弓上，其底部与弓端平齐。“蝉”腹朝上，“蝉”颈外有一条横刻槽，应作系弦用。出土时皆无弦，弓为舒弛状，故其弧度方向与张开时正好相反[99]。弓的构造与汉刘熙《释名》所云基本相符[100]。

周代箭镞技术的进步主要表现在三方面：（1）依用途人们对它作了明确的分类，《周礼·夏官·司弓矢》云，矢有八种，即:“枉矢、絜矢，利火射，用诸守城车战；杀矢、鍭矢，用诸近射田猎；赠矢、茀矢，用诸弋射；恒矢、庳矢，用诸散射。”（2）对杀矢等的合金成分作了明确规定，《考工记》云，杀矢需“五分其金而锡居二”。（3）战国时代发明了铁铤铜镞。

（五）弩

约发明于新石器时代。唐兰认为商代以前便已用弩:“只要看一下甲骨文常见的弘字，画出弓上有一个臂的形状，就可以知道了。”[96]《礼记·缁衣》篇有一段文字，对我们了解商和商前用弩情况是很有帮助的，其引太甲云:“若虞机张，往省括于厥，度则释”。郑注云:“虞，主田猎之地者也。机，弩牙也。度，谓所拟射也。虞人之射禽，弩已张，从机间视括，与所射参相得，乃后释弦发矢。”太甲系商代国王，商汤嫡长孙。唐兰说应有一定道理。早期弩机当为木质，大约春秋之后才改成了青铜质。今在考古发掘中所见弩机多属战国时期，湖南[101]、湖北[102]、江苏[103]、河南[104]、河北[105]、山东[106]、四川[107][108]等地都有出土。关于弩机的构造，《释名》说得十分清楚:“其柄曰臂，似人臂也。钩弦于牙，似齿牙也。牙外曰郭，为牙之规郭也。下曰悬刀，其形然也。合名之曰机”。发射时，用手指扣动悬刀，牙因下坠，被牙钩住的弦急速前移，从而将箭杆弹出。

弓和弩都是通过弹力来做功的，其力的来源都是人力。它们的主要区别是：弓只依靠一人的臂力来张开，这就影响到了它的准确性和射程；弩却可用一人全身之力、多人之力、乃致机械之力来张开，此外亦可将弦挂于牙上，待机而发，就大大地提高了它的杀伤力、射程和准确性。战国弩机有三点较为重要的进步：

1. 发明了用脚踏张的所谓“蹶张”弩。《史记·苏秦列传》载，苏秦说韩宣王曰:“天下之强弓劲弩皆从韩出。……韩卒超足而射，百发不暇止……以韩卒之勇，被坚甲，蹠劲弩，带利剑，一人当百，不足言也”。司马贞云:“超足，谓起腾用势，盖起足蹋之而射也”，即用脚踏张而射。

2. 发明了连弩。《墨子·备高临》曾有“临以连弩之车”之语。《六韬·军



用》篇说“以五尺车轮，绞车连弩。”又据报道，1986 年湖北荆州楚墓曾出土双矢连弩一具，一次可射 2 矢，可连续发射 10 次计 20 支箭，射程可达 20～25 米[102]。从而较大地提高了弩机的打击力。

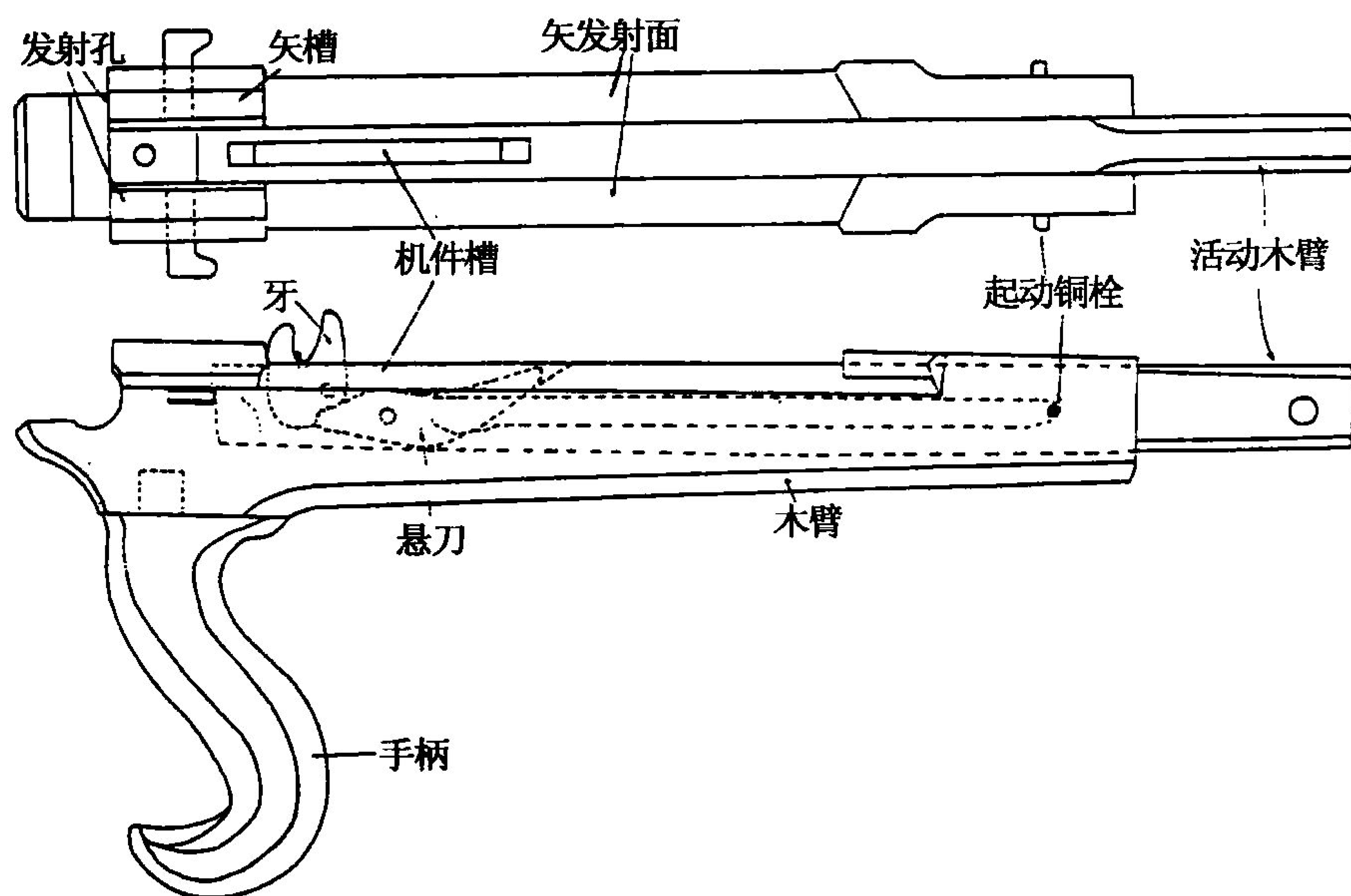
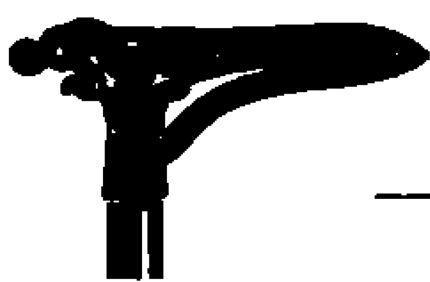


图 2-4-6　江陵战国双矢并射连发弩木臂及活动木臂
上：俯视　　下：侧视
采自文献[102]

江陵连弩通长 27.8 厘米、通高 17.2 厘米、宽 5.4 厘米（图 2-4-6），外髹黑漆。整体包括矢匣、机体两个部分，机体又包括木臂、活动木臂、铜机件三部分。从复原研究看，普通弩机仅有木臂、机体和弩弓，江陵双矢连弩却在木臂机体上装有矢匣，在木臂内又设有活动木臂。木臂上平面有双矢发射面、发射管孔，以及弦活动槽，这样便可集中进矢、贮矢，矢自动落槽、自动进入发射管孔，并控制运行方向。两个并列的发射孔可以同时发射。江陵双矢连弩的铜机件与普通弩机也不同，普通铜机件有牙（望山）、悬刀（扳机片）和牛（钩心）。牙的底部是平的，通过牛来控制，牛又由悬刀控制，牙和悬刀之间没有互相制约的关系。双矢连弩的铜机件却无牛，只有牙和悬刀，而且其牙和悬刀亦较特殊。普通弩牙的后一个支突明显长于前面的支突，起协助瞄准的作用，故习又谓之望山，双矢连弩牙的后一支突因安在活动木臂槽内，只是协助钩弦，丧失了瞄准功能。普通弩的铜机件安在弩臂后端，在后端发射。双矢连弩的铜机件则安在活动木臂的前端，在臂前端钩弦，运行至木臂后端发射。这样，拉动活动木臂，同时可完成钩弦、拉弦、发射三个过程。双矢连弩不但轻便灵巧，而且其将矢匣置于弩的上方，利用矢的滚动和下落，较好地解决了自动进矢、自动落槽的问题。活动木臂巧妙地运用了运动力学、杠杆原理，把发射的全过程统一于活动木臂的前后运动中，是一种十分杰出的构思和设计，是我国古代弓弩技术高度发展的一种反映[102]。



3. 发明了床弩。这是设有弩床，即发射台之弩。其将一张或多张弓安装在弩床（发射台）上，用绞动轮轴的方式来张弓。有关实物此时尚未看到，但有两条文献为凭：一是前引《墨子》曾说“临以连弩之车”。连弩而有“车”，从我国古代对“车”字的习惯用法上看，它很可能是带有轮轴组合的活动支架。二是《六韬·军用》篇曾提到“绞车连弩”。“连弩”而以绞车发射，便很可能是置有发射支架的床弩，亦有人称之为车弩。

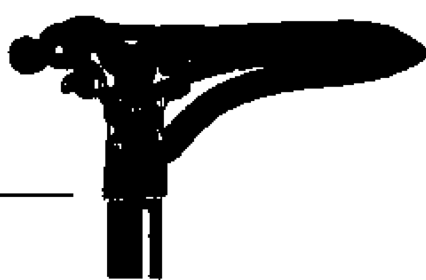
三、车、船技术的发明和发展

车是人们对滚动摩擦和轴承的一种较早利用，船则是人们对浮力、水力和反作用力的一种利用。

（一）车

“车”在我国古代有广义和狭义之别，广义之“车”泛指一般轮轴机械，如风车、筒车、龙骨车等；狭义之“车”专指带轮轴的陆上交通工具，亦此所指。我国古代关于车的发明期一直存在不同观点，《路史》和《古史考》等皆谓“黄帝造车”，而《墨子》、《荀子》、《吕氏春秋》、《世本》，皆说“奚仲作车”。先看前说。《古史考》云:“黄帝作车，引重致远。其后少昊时驾牛，禹时奚仲驾马。”《荀子·解蔽》云:“奚仲作车，乘杜作乘马。”杨倞注:“奚仲，夏禹时车正。黄帝时已有车服，故谓之轩辕，此云奚仲者，亦改制耳。《世本》云，‘相土作乘马’。杜与土同，乘马，四马也，四马驾车起于相土，故曰作乘马。以其作乘马之法，故谓之乘杜。乘，并音剩。相土，契孙也。”依这些说法，即黄帝发明了车，奚仲仅作了改进而已。又因黄帝号轩辕，故长时期来，一直有人认为这便是我国早在黄帝时代便已有车的证据。《说文解字》云：轩，“曲辀藩车也。”段注:“谓曲辀而有藩蔽之车也。曲辀者，载先生曰，小车谓之辀，大车谓之辕。”可见，轩辕的本意即是带篷顶的大车。至于黄帝是否确实做了车，虽已难考，但可能性还是存在的。1986~1988 年，辽宁建平牛河梁红山文化遗址中，由女神庙通向另一庙址的宽阔路面上便曾发现车辙印痕，断代为公元前 3200 年，相当于仰韶文化晚期[109]。与传说中的黄帝年代相差不大。至于奚仲作车，有关参考资料就更多一些，较为主要者有二：（1）1996 年河南偃师商城在“路面上近城墙根部发现两道顺城墙而行车辙印，轨距约 1.2 米左右”，时当商代前期[110]。（2）殷墟一、二期时，发现有不太完整的车坑、马坑遗迹[111]。这与奚仲的年代都不是太远。今见较早且稍见完整的车子实物多属殷墟三、四期，河南安阳大司空村[112]、孝民屯[113][114]、殷墟西区[115]等地都有出土。据统计，自 20 世纪 30 年代起，至 1986 年为止，仅殷墟发现的车马坑便达 18 个，出土车子 20 辆[116]。年代稍后的陕西长安张家坡[117][118]、北京房山琉璃河[119]、山东胶县[120]、甘肃灵台[121]等遗址都出土过西周车；河南陕县上村岭[122]、淅川下寺[123]、山西太原[124]等都出土过春秋车；河南洛阳中州路[104]、辉县琉璃阁[125]等地都出土过战国车。太原金胜村出土 13 辆车，淅川下寺出土 14 辆车以上，数量都是较大的，这在一定程度上反映了春秋制车技术之发展。

最早的车应主要是用于生产的，但很快就被人们用到了军事上，由商代到春秋，车战一直是战争的主要方式。《楚辞·国殇》所述便是此期车战的生动写照。车战的缺点是不够灵便，不宜于山地和狭窄地段作战，大约春秋战国之际，便逐



渐被人淘汰，骑兵和步兵逐渐成了战争的主要形式[126]。

从大量考古资料看，商周的车多数都是两轮独辕的，车箱作方形，在后面开门。车轮中心作长毂，在毂与轮缘（辋，又叫牙）间设有许多轮辐。车辕的前端横置车衡，衡上结轭，以驾辕马。车辕后端压在车箱下面车轴上，辕尾稍稍露于车后。车轮直径多为 120～140 厘米，轮辐 18～24 根。由殷到战国，车制变化的总趋势是：轨、轴、毂、辕向短的方向发展，轮辐增多，车舆增大。最早的车轮叫"辁"，无轮辐，作圆板状。从无辐到有辐，从少辐到多辐，都是制车术发展的表现[126][127]。车子当分军用和民用两种，后者又包括田车和乘车。战车一般用马拉曳，民用车也有用人力或牛力的。经复原，1981 年孝民屯南地 1613 号墓出土殷代车子尺寸为，车箱广 150 厘米、进深 170 厘米、高 45 厘米、辕长 290 厘米、辕径 12～13 厘米、轴长 294 厘米、轴径 10 厘米、衡长 113 厘米、轮径 126～145 厘米、轨距 224 厘米，辐数为 18[113][114][128]。

商、周制车技术取得了多项成就，这当与多方面因素有关，其中最值得注意的有如下几点：

1. 有关管理部门对车十分重视，从设计、加工、材料选择，都制定了一系列工艺规范、提出了严格要求，与现代技术原理基本相符。《管子・形势解》云："奚仲之为车器也，方圆曲直，皆中规矩鉤绳，故机旋相得，用之牢利，成器坚固。"如前所云，奚仲，传为夏之车正。说明人们对制车工艺一直是要求严格的。《考工记》一书谈到了周朝官府手工业的 30 个工种，其中制车的便有 4 种，即轮人、舆人、辀人、车人。其"轮人"条谈到了车轮和车盖技术，"舆人"条谈到了车箱技术，"辀人"条说到了车辕、车衡、车轴、伏兔等制作技术。"车人"条谈到了大车和羊车（小车）的一些尺寸规定。

2. 人们已充分认识到了轮在车中的重要性，从设计到加工，都十分讲究。"车人"篇载："凡为辕，三其轮崇。"这强调以轮径为基数来进行设计。"轮人"在谈到毂时说："毂小而长则柞，大而短则挚。"此"柞"通窄，意指辐间狭窄。"挚"，危貌，或作"不坚"，或释为"行车不稳"[129]。在谈到辐时又说："凡辐，量其凿深以为幅广。"并认为幅广而榫浅则不牢，辐小榫眼深则虽装置牢固，但强度不足。这些说法都有一定道理。大约西周时期，还出现了辅辐，它相当于一种加强辐条，用来增加轮辐的承载能力。《诗・小雅・正月》："无弃尔辅，员于尔辐。"此"辅"即辅辐，"员"即盖。这是我国关于加强辐的最早记载。"正月"是抨击周幽王宠爱褒姒的，约成于西周末年。今在琉璃阁车马坑出土有双辅夹毂以助之轮[130]。这都说明了人们对轮之重视。

3. 对轮径与车行情况的关系已有了较深认识[131]。《考工记・国有六职》云："轮已崇，则人不能登也；轮已庳，则于马恒古登陁也。""崇"即高大；"庳"即低下。即是说，轮子过于高大，则登车十分困难；轮子过低，则车子好像经常处于爬坡状态。这是我国古代关于轮径与车行的关系的最早记载。

4. 至迟战国时期，就使用了铁锏，从而改善了轮、轴的工作条件。锏，《释名》云："间也，间釭、轴之间，使不相摩也。"1972 年，洛阳中州路曾出土铁锏 2 组 4 件，作半筒形瓦状，是用铁钉固定在轴上的[104]。此外，1973 年河北易县燕下

都23号墓也出土过一件圆形筒状物，铁质，原报道说是铁锏，后有人说是铁釭。但总的来看，锏和釭的实物皆所见甚少。

5. 如前所云，可能商代晚期，轮轴上便使用了润滑剂[62][63]，春秋之后就有了较为明确的记载。《诗·邶风·泉水》云："载脂载舝，还车言迈。"此"脂"即润滑剂。"舝"指车轴头两端的金属。该篇是描写卫宣公（公元前718～前700年）之女，许穆夫人怀念亲人和故土的，时为春秋早期。这是我国古代使用润滑剂的最早记载。《左传》"襄公三十一年"云："车马有所，巾车脂辖。"《左传》"哀公三年"云："校人乘马，巾车脂辖。"此"巾车"即主管车务之官。《吴子·治兵》云："膏锏有余，则车轻人。"此"脂"、"膏"当皆指润滑用油脂。《说文解字》云："戴角者脂，无角者膏。"《礼记·内则》曰："脂用葱，膏用薤。"郑玄注："脂，肥凝者。释者曰膏。"使用润滑剂的技术便在我国沿用了下来，直到明李时珍《本草纲目》卷三八"器部"（引宋《开宝本草》）等还有记载。后面将要谈到，古人还用石油膏车。

6. 东周时出现了双辕车。双辕车约始见于战国早期，陕西凤翔八旗屯战国早期墓出土有陶质双辕牛车模型一[132]，但使用未广，而且是牛车。双辕马车始见于战国晚期，河南淮阳马鞍冢战国晚期墓[133]，以及长沙楚墓所出漆卮绘图上都可看到[134]，汉后逐渐推广开来。

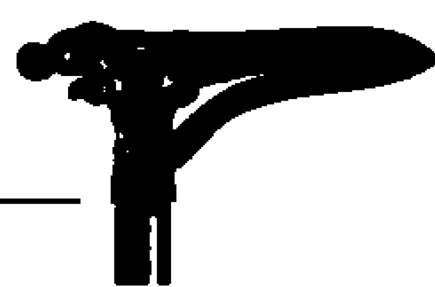
车子之运动，主要是由于畜力之牵拉，使轮、轴转动来实现的。普通车子的构造一般较为简单，为适应战争需要，商周时还发明了楼车、巢车等高驾车辆，它们在构造上皆较复杂。著名的云梯大体上亦可看作是一种楼车。大约自西周始，人们还使用了一种用于攻城摧坚的冲车，它的制作当亦较为复杂。

（二）造船技术的初步发展

我国古代造船技术约发明于新石器时代，夏、商、周之后便有了较大发展，并取得了多项成就。

在考古发掘中，我国最早的实物船体始见于商周时期。1982年，山东荣成县松郭家村出土一艘商周独木舟，全长3.9米，头部、中部、尾部的宽度分别为0.6米、0.74米、0.7米，舟体最大高度0.3米。船体平面近于梯形。纵剖面略具弧形，前翘后低，两侧舱壁外凸，这是我国迄今所见最早的独木舟实物[135]。这种结构可在一定程度上减少阻力，增大浮力，显然已脱离了原始独木舟的形态。1965年，江苏武进县奄城出土过两艘独木舟。一艘长4.34米，宽0.7～0.8米，深0.56米，底部厚约6厘米。据^{14}C年代测定，约相当于西周早期[136]。1958年，江苏武进县奄城还出土战国独木舟1艘，舟长11米，口宽0.9米，深0.42米，其形如梭，由伴出物看，当属春秋晚期至战国早期[137]。

有学者认为，大约在商代我国便进入了木板船的阶段，甲骨文中已有舟字，其写作[illegible]，这些象形文字显然已非独木舟形态[138][139]。因独木舟需巨木才能挖成，木板船的出现，就使人们在选料上有了更大的自由，且可视不同需要，拼接出大小不同的船来，这是造船技术的一大进步。《书·盘庚中》："若乘舟，汝弗济，臭厥载。"孔氏传："言不徙之害。如舟在水中流，不渡，臭败其所载物。"[140]可见盘庚时期，舟之使用已较广泛，但在考古发掘



中，木板船是到了汉代才看到的[141]。

最早的船大约主要用在生产活动中，之后便很快就用到了军事上。武王伐纣时，吕尚在黄河渡口准备了47只木船用来运送军队[142]，这是今知军用木船的较早记载。商周时期，还发明了浮桥和并体船。《诗·大雅·大明》云：周文王娶商王之女为妻，“亲迎于渭，造舟为梁”。孔疏引杜预云：“造舟为梁，则河桥之谓也。”郑玄注云：“天子造舟，周制也，殷时未有等制。”此浮桥自然是并列众舟而成。此外，周时还有一种“方舟”，亦系并连而成。《庄子·山木》云：“方舟而济于河。”成玄英疏：“两舟相并曰方舟。”不管浮桥，还是方舟，都是为了增加舟的平稳性而制作出来的。在考古发掘中，今见较早的双体船是1975年在山东平度发现的，断代为隋[143]。另据报道，信阳孙砦遗址出土有西周时期的木橹[152][153]；这说明至迟西周，橹便已经发明。但在考古发掘中，关于橹的资料是到了汉代才看到的。

春秋战国时期，造船技术有了较大发展，尤其是南方，出现了较大的商队和水师。安徽寿县曾出土过一件“鄂君启金节”，其制作时间当为楚怀王六年（公元前323年）。鄂君启，楚国贵族，封于鄂，估计为楚怀王的兄弟或父子或叔侄。他依仗王室的特权，组成了庞大的商队，包括众多的车子和船只。其舟节行使的路线和区域是：自鄂（今鄂州市）出发，西过洞庭，溯汉水而上，到达郢都[144]，可见其舟行范围是很宽的。北方的航运业也相当发达。《左传》云，僖公十三年（公元前647年），晋饥，乞于秦，秦国的船队徒渭水，入河、汾直达晋境。春秋战国时期，吴越都建立了强大的水军。伍子胥曾建议吴王训练水军，他把船分成“大翼、小翼、突胃、楼舡、桥舡”。“大翼者当陵军之车，小翼者当陵军之轻车，突胃者当陵军之衡车，楼舡者当陵军之行楼车也，桥舡者当陵军之轻足剽定骑也”。[145]大翼长十二丈，宽一丈六尺，可载兵士、划船手九十一人[146]。吴越间亦常水战。

春秋战国时期，造船技术还获得了另外两项重要进步：（1）出现了双层和多层战船。1935年，河南汲县山彪镇出土过两件图案大致相同的水陆攻战纹铜鉴，战船分两层，上层为持械格斗的士兵，下层是划桨者[147]（图2-4-7）。1965年，四川成都百花潭中学出土的水战图铜壶[148]，以及故宫博物院珍藏的宫乐渔猎攻战纹壶也有类似的双层甲板图案[149]。另外，台湾收藏家王振华珍藏有一件棘字铭船形纹戈，船形纹的前部建有重楼，后部树立建鼓和带斿的大旗，船尾探出平台，台上建尾舱，断代战国早、中期，这些都是迄今所见较早的楼船图案[150]。此时，文献上也有了关于楼船的记载，即上引《左传》“僖公十三年”提到的“楼舡”。“舡”，即船。从上图可见，这种船皆身部修长，首尾上翘，与现代流体力学原理相符。（2）把金属材料用到了造船工艺中。1978年，河北平山县中山国墓出土了大小5只木船，其大船的船板是用铁箍拼联的，隙缝处用铅皮填塞[151]。这是我国造船用铁等金属的最早例证。

先秦时期，人们对物体下沉深度与其体积间的关系已有了一定认识。《墨子·经下》：“荆之大，其沈浅也。说在其具。”[157]荆，通形；沈，沉；具，衡。即是说，对于同样重的东西，形体大者下沉浅，形体小者下沉深；在形体大小与下沉深度

间存在一种均衡关系[158]。显然，这是指舟类物体说的，它包含了阿基米德原理的一些基本思想。

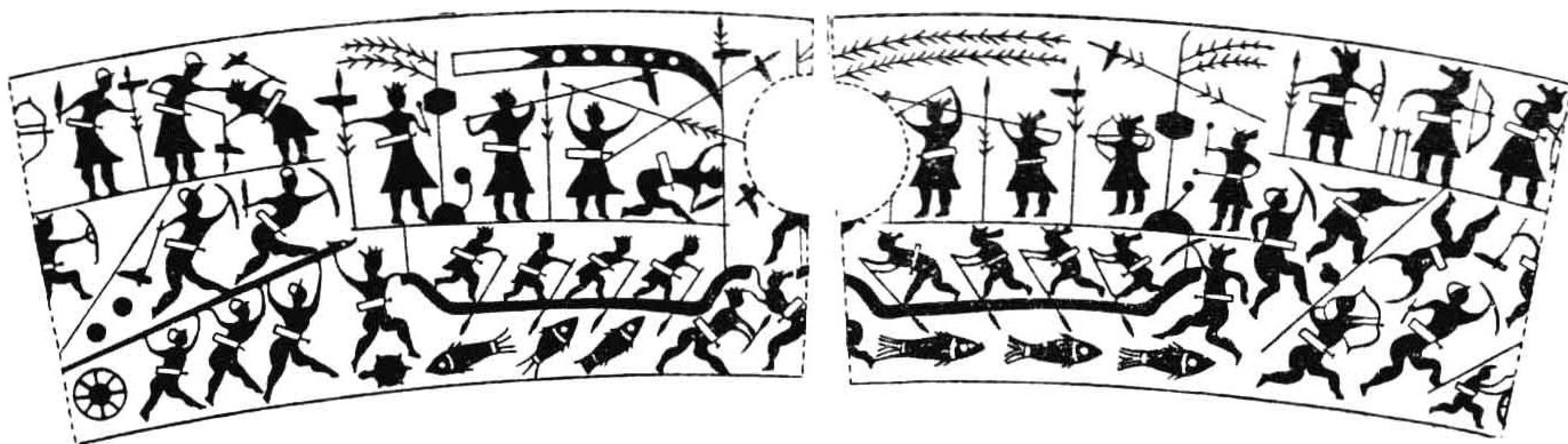


图2-4-7　汲县战国铜鉴上的楼船纹图
采自文献[147]

船的出现是人们对浮力原理、作用力和反作用力原理的一种利用，在划船前行时，实际上是人体和篙身、桨身、橹身一起构成了力的传动机件。

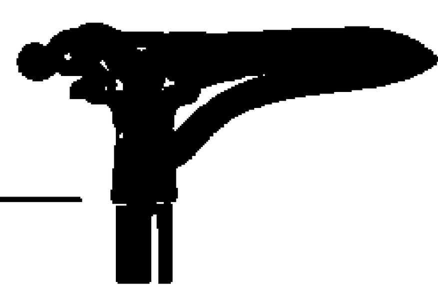
第五节　古代机械纺织技术的初步形成

夏、商、周是我国古代机械纺织技术的初步形成期，此时从原料培育、加工，到缫、纺、织、染，技术上都有了较大发展。纺织原料已逐渐过渡到以人工培育为主的阶段，纺织工具已发展成简单机械体系。丝织品组织复杂，色彩艳丽，十分的精美；麻纺织技术有了较大发展；毛织技术在我国西北地区普遍发展起来；棉织技术在武夷山等地开始出现。

夏代之后，纺织品的产地已经较宽，它不但是人们普遍服用的衣料，而且成了一种商品、贡品和区别贵贱等级的标志。《禹贡》在谈到九州厥贡时，说产丝的地方有兖州、青州、徐州、荆州、豫州等，可见地域之广。20世纪60～80年代，偃师（亳）二里头不止一次地出土纺织品[1][2][3]，说明了夏代纺织技术已有了较大发展。1960～1964年，二里头出土的一件铜铃外表附有纺织品痕迹，可能是麻布，经纬密均为10根/厘米[1]。1975年出土的一件镶嵌绿松石圆形器正面至少包有6层粗细不同的布，最粗者经纬密均为8根/厘米，最细者为52根/厘米×14根/厘米[2]。《管子·轻重甲》篇云："昔者桀之时，女乐三万人，端譟晨乐，闻于三衢，是无不服文绣衣裳者。伊尹以薄（亳）之游女工文绣，纂组一纯，得粟百钟于桀之国。"伊尹，商汤臣。钟，容量单位，受六斛四升。纯，丝帛之一束①。亳，商都[4]。"三万人"无不服文绣衣裳，可见华美织品之众。伊尹以"纂组"交换了夏桀的大量粮食，这是我国古代关于纺织品交换的较早记载。

商代之后纺织技术进一步发展起来，从商纣王浪费绫纨等纺织品的惊人程度

① 《战国策》（第一册卷三第五页）"秦一·苏秦始建连横"："革车百乘，锦绣千纯。白璧百双，黄金万镒。"汉高诱注："纯，束也。""二十两为一镒也。"文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第217碟。



便可见一斑。《帝王纪》云："纣多发美女，以充倾宫之室，妇人衣绫纨者三百余人。"[5]商代还设置了专门管理蚕桑的职官。《殷墟书契后编》下二五："丁酉，王卜，女蚕。"此"女蚕"，当即是由女人担当的典蚕之官[6]。多年来，与纺织有关的商代考古实物所见较多，如藁城台西村商代居住遗址出土1卷炭化了的麻织物，墓葬所出青铜器和兵器上常残有丝织品包裹物。小屯出土的铜刀中，"锋刃24"、"锋刃31"、"锋刃33"等的身部或柄部，都有丝的痕迹。1953年安阳大司空村殷墓出土有玉蚕1件[7]；1950年安阳武官村殷代大墓出土的3件铜戈上附有绢帛痕迹[8]；1955年郑州出土的商代铜盆上附着有布的痕迹；1958～1961年安阳后岗圆形祭坑内出土有丝、麻线多段，麻布12块和少许丝织品[9]。中国国家博物馆所藏商周铜器上亦常看到一些纺织品的痕迹[10]。

西周时期，纺织已成为社会生产的基本部门，国家对纺织技术，从原料征集到纺、织、漂、染，都设置了专门的管理机构，并建立了严格的管理制度。《周礼》记载了多个与纺织、印染、缝纫有关的职官。"天官"下设有"典丝，掌丝入而辨其物"；有"典枲，掌布缌缕纻之麻草之物"；有"缝人，掌王宫之缝线之事"。"地官"下设有"掌葛，掌以时征絺绤之材于山农"。《礼记·王制》还规定："布帛精粗不中数，幅广狭不中量，不粥于市。"这是我国古代关于布帛质量市场管理的最早记载。商、西周时期，国家实行"工商食官"的制度，"处工就官府，处商就市井，处农就田野"[11]。春秋战国时代，这一制度开始发生变化，出现了许多私营的和个体的手工业，并出现了许多纺织中心，其中比较重要的有临淄、陈留、襄邑和会稽。《史记·货殖列传》说：太公望于营丘（临淄），"劝其女工，极技巧，通鱼盐，则人物归之，繦至而辐凑，故齐冠带衣履天下"。目前属于西周和春秋战国的纺织品都出土较多。

此期纺织技术的主要成就是：采用了热水煮麻（葛）脱胶，热水缫丝技术得到了发展；发明并使用了手摇纺车；织机具有了传动机构，形成了简单的机械体系；发明了多综多蹑提花机；丝麻漂练技术开始兴起；草染已形成了一整套技术体系，发明了多次浸染和媒染；发明了印花技术；出现了斜纹、经二重、纬二重和大提花等复杂组织，织出了绮、锦等文彩绚丽的织品；与纺织有关的文字资料几乎散见于所有先秦著作。

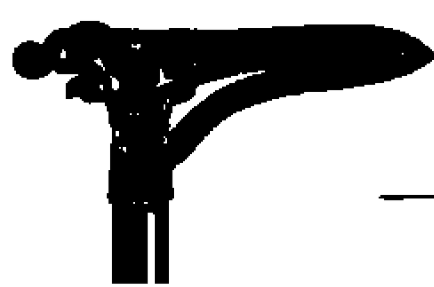
一、纺织原料的培育和加工

我国古代的纺织原料包括植物性纤维和动物性纤维两种。前者又包括皮类纤维（即葛、麻类纤维）和实类纤维（即棉花）两种，后者又包括蚕丝和羊毛等种。

（一）葛麻类植物纤维原料

我国古代纺织用皮类植物纤维原料主要包括大麻、苎麻、葛三种，此外，可能还包括部分苘麻、楮、薛和菅。此期的纺织用植物纤维，已进入人工培育为主的阶段。《史记·周本纪》说弃儿时"游戏好种树麻菽麻"，这便是栽培农业、栽培麻类纤维作物的一种写照。从以采集为主进到以栽培为主，是农业技术、纺织技术的一大进步。

大麻。有关记载较多，夏、商、周时，人们对它的生活习性已有较深认识，而且已较好地区别了它的雌性和雄性。《诗·齐风·南山》云："艺麻如之何？衡从



其亩。”此第二句显然是指人对大麻的耕作方法。《禹贡》云：青州厥贡“丝枲鈆松怪石。”此“枲”即雄麻。《诗·豳风·七月》：“八月断壶，九月叔苴。”此“苴”即雌麻。《仪礼·丧服》：“苴经者，麻之有蕡者也。”“牡麻者，枲麻也。”这样明确的认识，显然是在长时期人工栽培管理过程中获得的。不过有一点需说明的是苴、枲，虽分别为雌麻、雄麻，但有时皆泛指为麻。

苎麻。分布不如大麻广泛，但长江、黄河流域皆可种植。《禹贡》说豫州“厥贡漆枲絺”。前引《周礼·天官》云：“典枲。掌布缌缕纻之麻草之物。”其中都谈到了苎麻。福建崇安武夷山白岩崖洞等地都有出土[12]。

葛。南北都有种植，以越国最为著名。《诗·周南·葛覃》：“为絺为绤，服之无数。”此絺、绤分别指精、粗葛布。周南，其地在《禹贡》雍州之域，岐山之阳。《越绝书·外传记地传》曾谈到越国种葛：“葛山者，勾践罢吴，种葛，使越女织治葛布，献于吴王夫差。”《吴越春秋·勾践归国外传》更说到越王勾践“乃使国中男女入山采葛……乃使大夫种索葛布十万”。可见其规模之大。

其他几种纤维原料的有关记载不再一一介绍。

此期纤维加工技术也有了较大发展，其中最值得注意的是：（1）人们已掌握了不同植物原料的浸泡技术，并有了相应的记载。（2）采用了煮葛技术。

浸沤技术约发明于新石器时代，此时普遍使用起来。《诗·陈风·东门之池》：“东门之池，可以沤麻。”“东门之池，可以沤纻。”“东门之池，可以沤菅。”可见当时已分别掌握了大麻、苎麻、菅草的浸泡处理技术。前二者皆可作为纺织原料，后者可作绳索。浸泡处理的目的，是利用水中微生物的分泌物来分解植物韧皮和茎叶中的胶质，使纤维变得柔软起来，故古人又谓此过程为“柔麻”。“东门之池”条郑玄笺云：“池中柔麻，使可缉绩作衣服。”西方人多用露沤法脱胶，所需时间较此为长。

新石器时代的麻类纤维是否使用过热水脱胶法，目前尚无资料可寻。从现有记载看，至迟《诗经》时代，此技术便广泛使用起来。《诗·周南·葛覃》：“葛之覃兮，施于中谷；维叶莫莫，是刈是濩。”濩，郑笺云：“煮之也。”孔颖达疏：“于是刈取之，于是濩煮之。”煮的目的亦是脱胶，与常温浸沤脱胶相比较，优点是：（1）可缩短脱胶时间。（2）易于控制脱胶程度。因一些短纤维原料是无需完全脱胶，而只需半脱胶的。

（二）棉花

我国古代的棉纺技术始于何时，本地所产还是外域传入，是学术界长时期讨论的问题。1978 年，福建崇安县武夷山白岩崖洞墓的船形棺中出土过大麻、苎麻、丝以及棉花纤维 4 种纺织品残片[12]。经考察，此棉织物的纤维结构与多年生灌木型木棉的结构形态非常近似，当属联核型木棉，既非乔木型，亦非草棉[13]。棉纤维宽度约 20 微米，表面呈扁平带状，无纹节，有明显沟漕，纤维每厘米约有 10 个天然转曲，纤维管壁较厚，中腔狭小，说明纤维成熟度较高[14]。据^{14}C 年代测定，约属公元前 1420 ± 80 年，树轮校正为距今 3620 ± 130 年[15]，相当于夏末商初。也有学者认为此船棺墓的年代可能属于春秋时期，可以进一步研究，即便如此，它依然是我国今见最早的棉纤维织品。



一般认为，棉花约起源于近赤道的热带干旱地区，它有多个品种，宋元时期传入中原的棉花属亚洲棉，它的起源中心是印度。印度栽培棉花约有5000年的历史。1928年，印度中央棉作委员会研究所撰文说，在印度的Mohenjo－dara地方发现过3种棉纤维标本，约属公元前3000年。公元前1500年时，印度诗歌中就有了关于棉花的记载；公元前800年，印度就有了棉花栽培的记载[15][16]。但目前尚无法确定武夷棉与印度棉的关系。

有学者认为我国在夏代便有了生产棉布的记载，依据是：《禹贡》云扬州厥贡惟金三品，“岛夷卉服，厥篚织贝”。认为其中的“卉服”可能由木棉纤维制成[14][17]，并认为岛夷向夏进贡了棉布。我们认为此说法靠不住，且自古便有学者认为此“卉服”应是南海岛民用草本纤维制成之服。孔氏传称：“南海岛夷草服葛越。”[19]《说文解字》：“卉，草之总名也。”唐孔颖达疏：“卉服是草服葛越也”，“岛夷卉服亦非所贡也”。孔颖达还引左思《吴都赋》关于“蕉葛升越”以之为证。明邝露《赤雅》卷一“卉服”条：“南方草木可以衣者曰卉服。”[18]我们亦倾向于“卉服”即是草服的观点。关于左思“赋”，第四章还要谈到。

（三）家蚕

我国古代的家蚕丝发明于新石器时代，夏、商、周三代便进一步推广开来。从科学分析看，陕西扶风、辽宁朝阳等地所出西周丝织品皆属家蚕丝，但丝的直径较小，且丝的横断面近于三角形，与现代家蚕丝存在一定差别[20]。当时一年大约只养一茬，《周礼·夏官·马质》曾有“禁原蚕者之说”，此“原”即再，全句之意即禁止再养，这在客观上便避免了桑叶的过量采摘，不致影响来年生产。国家对蚕桑业一直比较重视，《礼记·月令》载：周代季春之月，“命野虞无伐桑柘……后妃斋戒，亲东乡躬桑”。即每年三月，皆禁止主管田地和山林的官吏（野虞）砍伐桑柘；后妃亲躬采桑，帅示天下。《礼记·祭义》云：“古者天子诸侯，必有公桑蚕室，近川而为之。筑宫仞有三尺，棘墙而外闭之。及大昕之朝，君皮弁素积；卜三宫之夫人、世妇之吉者，使入蚕于蚕室，奉种浴于川，桑于公桑，风戾以食之。”这里谈到了养蚕的几项技术措施：（1）必有蚕室。（2）蚕种须入川清洗。这客观上可起到去除部分杂菌的作用，为此，蚕室须近川而为之。（3）蚕叶须得清洁，不沾露珠水汽；蚕性畏湿。此“大昕之朝”即季春朔日（三月初一）之朝。

战国时期，养蚕业已获得较大发展，《荀子》卷十八“赋篇”对蚕的功绩大加称颂，对蚕的生活习性作了较好的描述和归纳，便是这一时期养蚕业发展的较好体现。赋云：“其状屡化如神，功被天下，为万世文，礼乐以成……功立而身废，事成而家败……冬伏而夏游，食桑而吐丝，前乱而后治，夏生而恶暑，喜湿而恶雨。蛹以为母，蛾以为父。三伏三起，事乃大已。”此“三伏三起”，当指当时的蚕多系三眠蚕。

商、周时期，缫丝技术已相当普及，并已形成完整的技术体系。缫丝的技术要点是把丝从蚕茧中牵引出来，并绕到框架上形成丝绞，再以络车整理，并倒绕到篗子上，之后再视需要进行并丝和加捻。比较值得注意的事项有：

1．至迟周代便发明了选茧技术。《礼记·月令》云：季春之月，“蚕事既登，

分茧称丝效功，以供郊庙之服，无有敢惰”。依据外观和重量来区分茧丝的等级，说明人们对丝质与茧的关系已有了一定认识。

2. 解丝索绪技术有了提高。《礼记·祭义》云:“及良日，夫人缫，三盆手，遂布于三宫夫人、世妇之吉者，使缫。”郑注:“三盆手者，三淹也。凡缫，每淹大总而手振之，以出绪也。”这段文字虽说得不是十分详明，但一般认为，这便是当时的煮茧法[21]。在缫丝操作中，煮茧是关键，温度之高低，时间之长短，都极大地影响到丝的质量。

3. 缫丝的茧粒数逐渐减少，且数目趋于稳定。陕西岐山西周丝织物经纬的缫丝茧粒数为14、18、21[20]，长沙战国织物只有7~10粒[22]。

4. 使用并推广了一些形制较好的绕丝工具。绕丝工具的发明期约可上推到新石器时代晚期，但今日所知较为确凿的文字资料是在甲骨文中才看到的。甲骨文中曾见一个“I”字，有学者认为它原是“紝”、“軖”的本字，是绕丝工具的形象[23]。1979年，江西贵溪崖墓出土了36件纺织工具和部分丝、麻、苎麻织品，其中包括“H”形、“X”形绕纱框，据^{14}C测定，距今2595±75年，树轮校正后距今2650±125年，当属春秋晚期[24][25]。有学者还推测，战国时代可能已出现辘轳式缫丝軖，即手摇缫车的雏形[26]。

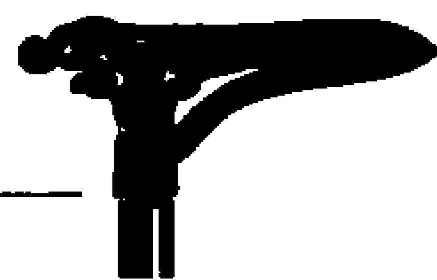
（四）羊等兽毛

我国古代对毛纤维的利用或可上推到新石器时代，但今见资料多数是属夏、商之后的。《禹贡》“雍州”条说:“织皮崐崘、折支、渠、搜，西戎即叙。”孔传云:“织皮，毛布。”孔颖达疏:“四国皆衣皮毛，故以织皮冠之。”即是说，崐崘、折支、渠、搜，这西戎四国皆衣着皮毛。一般认为，这是我国古代利用皮毛和毛纤维的较早记载。又，《周礼·天官·掌皮》云:“其共毳毛为毡，以待邦事。”郑氏注:“毳毛，毛细縟者。”即是说，用细毛为毡。《诗·豳风·七月》云:“七月流火，九月授衣……无衣无褐，何以卒岁?”郑笺云:“褐，毛布也……贵者无衣，贱者无褐，将何以终岁乎?”看来，褐应是一种比较粗糙的毛织物。在考古发掘中，今见最早的毛织品是1979年新疆罗布泊古墓沟墓葬出土的一批毛织物和毛毡帽，约属商末周初，其中罗布泊北端铁板河1号墓出土有毛织粗布、毡子、毡帽，包括山羊绒、骆毛、牦牛毛，距今约3800年；哈密五堡遗址出土过毛织物和彩罽，包括黑花毛、青海细羊毛、山羊绒、西藏羊毛等，而且较细，距今约3200年[27]。1986年，哈密焉不拉克墓地亦出土过毛织物，年代相当于西周早期至春秋晚期[28]。1957年青海都兰县诺木洪一处相当于西周晚期的遗址出土一批毛织物，经分析，多属绵羊毛和牦牛毛等[29][30]。

二、拼捻和纺纱技术的进步

（一）蚕丝拼捻技术的发展

缫过的丝最初是绕在丝框上的，从丝框脱下后，即成丝绞。丝绞还须经过络丝，以去除缫丝过程中产生的一些纰病，如粘连和断头等，此时丝长可达600~1000米，如若要求不是太高，便可用来织造了。如若要求稍高，便还须并丝、加捻，以加粗，并提高强度。这些技术大约商前便已发明，商后更为熟练。据分析，钱山漾绢片系合股丝织成，不曾加捻[31]。今藏于瑞典远东古物博物馆的一件商代



铜钺上有两种丝织物：一为平纹绢，由无捻单股丝织成；一为菱形花纹织物，经纬线均为双股并丝，均已加捻。此时人们已能依据织物组织的不同要求，生产出许多粗细和捻度都不同的丝线来。如藁城几块商代丝织品，经纱投影宽度0.1～0.3毫米，纬纱则为0.1～0.5毫米；经纱往往较细，捻度稍大，纬纱稍粗，捻度稍小[32]。长沙出土的两种战国丝织物尤其值得注意，一种朱条暗花对龙对凤锦的经纱投影宽度为0.13～0.14毫米，纬纱投影宽度为0.7毫米；一件黄色绢的经纱、纬纱投影宽度皆为0.08毫米[33]。看来，当时已出现纱线粗细有别，质量高低不同的产品档次，这反映了不同的工艺技术和质量标准。

（二）葛麻绩纺技术的发展

此期的葛麻劈绩和纺纱技术都有了提高。河北满城商代麻布片经纱投影宽度为0.8～1.0毫米，纬纱为0.41毫米[32]。西周时期，虽经纬纱的粗细程度依然相差较大，但投影宽度皆在0.5毫米以下者已较多见。1951～1952年，长沙战国墓出土2块苎麻布，平纹，经纬纱密分别为28根/厘米和24根/厘米，纱线直径约在0.2毫米以下，较今市售棉布中的龙头细布更加紧密，现代龙头细布经密为25.4根/厘米，纬密为24.8根/厘米[34]。但也有的稍粗，江西贵溪春秋战国崖墓一块浅棕色麻布，平纹，经密为10根/厘米，纬密为14（双根）/厘米；一块土黄色苎布经密为14根/厘米，纬密为12根/厘米[24][25]。与丝织品同样，此期麻织物的经纱亦往往较纬纱为细，如北京平谷刘家河出土的4块商代中期麻布，皆为平纹，纬纱投影宽度一般为0.8毫米，一件试样达1.2毫米，经纱一般为0.5～0.8毫米。同样，其经密亦往往大于纬密[35]。说明时人已充分认识到了此种织造法的优点。

此期关于葛麻绩纺技术的记载较多。《诗·豳风·七月》："七月鸣鵙，八月载绩。"《诗·陈风·东门之枌》："不绩其麻，市也婆娑。"其中的绩，皆指葛麻劈绩。《诗·小雅·斯干》："乃生之女。""载弄之瓦。"此"瓦"原指纺坠，即劈绩纺纱。

（三）毛纤维纺纱技术

有关此期毛纤维纺纱操作的记载较少，但从实物考察看，其技术水平已经不低。1983年新疆和静县察吾乎沟口出土毛织品中，一件标本的经纬线均为单根，直径0.5毫米，经纬密均为10根/厘米[36]。诺木洪毛织物经纬投影宽度分别为0.75毫米和1.0毫米[29]，与粗麻缕相当。

（四）关于手摇纺车的发明和使用

最早的丝麻加捻都是藉助于纺坠的帮助，以手工进行的。因人手搓捻的力量不均，致使纺坠转速亦不匀、纱线均匀度欠佳，而且每搓动一次，只能纺出很短一段纱线，故纺坠纱，不但质量欠佳，而且生产率低下。至迟商代，我国便发明了一种简单的纺纱加捻机械。1974年，藁城商代遗址出土一件陶制滑轮，直径3.1厘米，厚2.4厘米，形制与后世手摇纺车锭盘相近，王若愚认为它应是手摇纺车的零件[37]。又据研究，藁城台西村商代铜器附着的丝织品捻度高达每米2500～3000捻[32]，用纺坠是很难获得这种捻度的，很可能使用了一种简单纺车。上面提到的长沙战国苎麻织物，较现代龙头细布还要紧密[34]，这样细的麻线，纺坠很难纺制，很可能也使用了纺车。由这些情况推测，这种简单手摇纺车至迟发明于商代中期，战国之后便基本成型，它的出现和使用，对于提高纺织品的产量和质量，都是很

有帮助的。

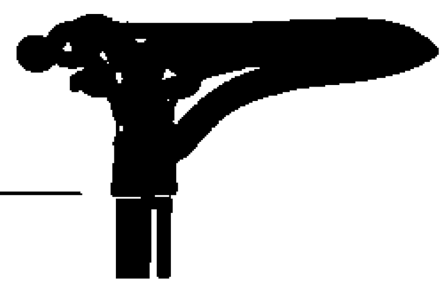
三、简单机织系统的形成

原始腰机是没有机架的，以人体作机架，织布者腰系卷布轴、脚蹬所谓的经轴，以手提综杆来实现开口；如若脚不再蹬、腰不再系，织机便成了一堆零散的部件。此期的织机已经有了支架、脚踏板、经轴、筘等重要部件，从而形成了一个完整的简单机械体系。这些部件的出现，是织机技术发展途程中的一次飞跃。

关于此期织机的记载较多，较为重要的主要有如下三起：

《诗·小雅·大东》云："小东大东，杼柚其空。"此杼、柚，郑氏笺引《说文》云：杼，"盛纬器。"柚，"又作轴。"朱熹《诗集传》说得更为明白："杼，持纬者也。柚，受经者也。"即是说，杼，是绕上了纬线的纡子；柚，是绕了经线的经轴。经轴的出现是织机结构上的一个重要进步，有了经轴，便说明"织机"有了支架，回转的经轴若无支架，是无以支承的。经轴不但可以缠绕经线，平整经纱，而且可对经纱长度作适当调整。此"杼"的具体形态今日已难知晓，很可能是呈箭杆状或刀状。一般认为，我国古代投纬器约有三种形式，或说经历了三个阶段[38]：（1）与打纬器分开者，其名习谓之梱，实际上是状如箭杆状的小竹棍，其端开口。（2）与打纬器合为一体者，即所谓的刀杼。（3）与打纬器又行分开者，即所谓的梭。今在考古发掘中所见最早的布梭形态属汉，布梭实物属三国时期[39]，故布梭当发明于战国或西汉时期；但刀杼应当出现于东周或之前。"大东"中的杼，可能是箭杆状，也可能刀状。

汉刘向《古列女传》卷一"鲁季敬姜"中有一段以织机为喻，谈论治国之道的长篇大论，此文虽汉人所作，但原始资料应取自先秦时期。其云：鲁季敬姜者，鲁大夫公穆伯之妻，文伯之母。"文伯相鲁，敬姜谓之曰：'吾语汝，治国之要，尽在经矣。夫幅者，所以正曲枉也，不可不疆，故幅可以为将。画者，所以均不均，服不服也，故画可以为正。物者，所以治芜与莫也，故物可以为都大夫。持交而不失，出入而不绝者，梱也。梱可以为大行人也。推而往，引而来者，综也。综可以为关内之师。主多少之数者，均也。均可以为内史。服重任，行远道，正直而固者，轴也。轴可以为相。舒而无穷者，樀也，樀可以为三公。'文伯再拜"[40]。剔除政论方面的言语，可见其中提到了织机的8个部件：（1）幅。"所以正曲枉也"，是用以控制幅宽的幅撑。（2）物。"治芜与莫也"，是用来清理经面的工具，当为棕刷。（3）梱。"持交而不失，出入而不绝者"，一般认为是即引纬，后来还兼作打纬的工具[42]。也有学者认为是开口杆，这在少数民族的原始织机中还可看到。其系一棍扁平的木杆，以平放的状态插入由综或豁丝木开的梭口，之后侧立，以增大梭口；当第一梭投完后，开口杆即抽出，新的梭口再开时，再插入此杆，如此反复[43]。（4）综。"推而往，引而来者"。综的本义是综线，在此应指综杆。（5）均。"主多少之数者"，当即是分经木，又叫豁丝木，是把经丝依一定规律分为上下层的工具。（6）轴。"正直而固者"，当为卷布轴。（7）樀。"舒而无穷者"，当即经轴。（8）画。"所以均不均，服不服也"，即是筘[41][42][43]。



这种织机，今世学者习谓之“鲁机”。其中虽未言及机架，它的存在应可肯定①。

《列子·汤问》云：纪昌学射于飞卫，飞卫让其先学习不瞬，于是“纪昌归偃卧其妻之机下，以目承牵挺”。此“牵挺”，晋张湛注为机蹑，即踏板。列子，战国时人。蹑的出现具有十分重要的技术意义，它使织机从手工提综变成了脚踏提综。用脚踏机蹑的方式来牵动综之升降，既减轻了劳动量，又提高了生产率。蹑发明于何时，目前尚无更多的资料，有学者把它推到了商，说商代织机已利用杠杆原理，以蹑控制综絖升降来提花[23]。

从上述记载，以及考古发掘的众多纺织品和纺织工具看，至迟战国，已经产生了比较完整的斜织机应是肯定的。

考古发掘的商、周纺织工具中，最值得注意的是江西贵溪崖墓所出者，计36件，种类有：绕纱框、齿耙（整经具）、经轴、夹布棍、分经棒、刮麻具、清纱刀、撑经杆、挑经刀、弓、打纬刀、刮浆板、提综杆、杼、导经辊、引纬杆、纺塼、理经梳等[24][25]。原报道虽不曾提到机架，但从所出土的各种机具看，它的存在亦应是肯定的。云南江川李家山春秋末期墓葬也出土过一些织机零件，如卷布轴、卷经轴、梭口状布面撑弓、扁平的工字形络纱具等[44]。

一般认为，商、周时期应有了多综多蹑的提花工艺，其发展顺序大约是先有“多综”，之后才有了“多蹑”的。早期的提花、挑花，大约都是在原始腰机上进行的，之后才与“鲁机”结合，逐渐形成了完整的多综多蹑提花和束综提花机构。夏鼐认为，商代丝织物应有三种织法：（1）普通平纹组织；（2）畦纹的平纹组织；（3）地纹为平纹、花纹为三上一下的斜纹，由经线显花的文绮组织。并认为这些组织需要十几个不同的梭口和十几片综[41]。春秋战国时期，综片数又有了增长。据研究，随县战国墓大花纹丝织品中，花纹每一循环内有纬线136根，其中交织纬与夹纬各68根，夹纬中每相邻二纬的组织点都相同，故织造时提花综需34片[45]。1982年，江陵马山1号楚墓出土1件舞人动物纹锦，花纹纵向长5.5厘米，横向长5.0厘米；经密144根/厘米，纬密50~54根/厘米。其图案复杂生动，色彩丰富，尤其值得注意的是纹样间还有错花。同时，花幅（独幅）、花回（528根）和紧密度都较大，故技术上当更为复杂；断代战国中期[10]。这种多综的情况在文献中也有反映，《周易·系辞上》云:“参伍以变错综其数，通其变，遂成天下之文。”孔颖达疏云:“参，三也。伍，五也。或三或五以相参合，以相改变……错谓交错，综谓总聚。交错总聚共阴阳之数也。通其变者，由交错总聚通极其阴阳变也……以其相变，故能遂成就天地之文。”此“参伍”当指综数言，意即或三片综或五片综。用传统卧式织机织平纹时，两片综已足；若添置三片综，便可织出“小斜纹”，四片综便可织出正规的斜纹；缎纹至少要5片综，多至8~11片综。整段文字的意思是：只要掌握好综絖片的升降运动，就能织出各种不同的纹样来。

另外，从所出商、周绞纱丝织品推测，当时应有了简单罗机，它应是在“鲁机”一类有机架的织机上，在织地纹的综片前，加一二片起绞装置后演变出来的。

① 文献[41]、[42]、[43]都曾对《古列女传·鲁季敬姜传》中的织机部件作过注释，其说稍有差别，然各有所长。本书多采用文献[43]之说。

类似的装置今在湖南浏阳传统夏布机中仍可看到[46]。

四、漂练技术的发明和发展

丝麻等纺织纤维在生长和加工过程中，都会伴随一些天然杂质，并受到一些污染，为了纺织和印染的需要，须逐步将之去除。这通常包括两大工序：（1）纤维制取时的脱胶，如缫丝过程中的解绪，《诗经》所云沤麻、沤纻、沤菅和濩葛等，皆属这一工序范围。解绪有冷水和热水，沤指常温，濩则指热水。（2）织布之前，或织成布匹之后的漂练。去除这些天然和非天然杂质的方法有物理法、化学法和物理化学法等，各不相同。在“练”的化学法中，重要内容是碱剂处理；“漂”的重要内容是水洗和日晒。对于麻类纤维和织物来说，漂练之后，其纤维会更为纤细、洁白和柔软；对丝而言，未练则生，既练则熟；漂练前为生丝，漂练后才能成为熟丝；丝的珠光宝色，柔和的手感及飘逸丰满的神态，只有漂练之后才能充分显示出来。一般认为，丝麻漂练技术的发明期应属三代，但也有学者认为青台丝织品着色前，便可能进行过漂练[47]。只可惜这方面的资料太少，目前看到的文字和实物资料，多数依然是商、周之后的。可以进一步研究。

（一）麻的漂练

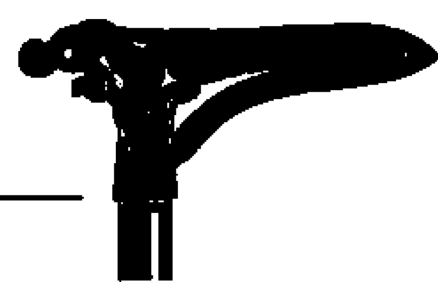
主要方法应是水洗和碱煮，今见较为确凿的资料属商代中期。据分析，河北藁城台西村商代中期遗址出土的大麻布，大部分纤维已分离成单纤维状态，说明其在沤麻、缉绩后还作了进一步脱胶，这是今日所知最早的麻织物漂练实例[48]。

关于麻布水洗和碱煮的记载在《仪礼》等中都可看到。《仪礼·丧服》规定了五个等级的丧服，即斩衰、齐衰、大功、小功、缌麻。前二者是无需漂练加工的，后三者均需漂练加工，但方式各不相同。其中，“大功布衰裳，牡麻绖，无受者”。郑注为“锻治之功粗沽”。此“沽”，即“粗劣”，具体操作其未说明。“锻”即椎打，故大功布是须一边水洗一边椎打的。“小功布衰裳，澡麻带绖五月者”。绖，丧服期结在头上或腰间的麻带。此澡，郑注云：“澡者，治去莩垢，不绝其本也。”可知小功布大体上是经过了水洗的麻布。缌，《礼记·杂记上》云：“朝服十五升，去其半而缌，加灰锡也。”贾公彦疏：“加灰锡也者，取缌以为布，又加灰治之则曰锡，言锡然，滑易也。”说明缌衰服是以草木灰或蜃灰煮过了的，目的是使之柔软滑易。

（二）丝的漂练

虽有学者认为青台丝织品曾作漂练，但在整个新石器时代，这类实物所见甚鲜。商、周时期，此技术便有了一定发展。瑞典学者西尔凡（Vivi Sylwan）曾分析过两件殷墟青铜钺上的丝织品，其中一件带有粘性物质，是未曾漂练的；另一件则十分柔和，是经过了漂练的。1979 年，有人分析过陕西岐山出土的西周丝织品，丝胶脱除较好，显然也经过了漂练[48]。从文献记载看，当时的丝绸漂练主要包括水练和灰练两种，大约丝多用水练，帛多用灰练。

练丝。主要是水练。《考工记·㡛氏》云：“湅丝，以涚水沤其丝，七日；去地尺暴之。昼暴诸日，夜宿诸井，七日七夜，是谓水湅。”涚水，郑司农注为温水；去地尺暴之，是一种日光漂白工艺。可见此绞丝漂练计分二步：（1）先用温水浸泡七日，之后在离地面一尺高处暴晒作日光漂白；（2）白天作日光漂白，夜间浸



于井水中，如此交替，历七天七夜。这是一套比较合理的工艺。日光漂白时，在阳光和空气的作用下，丝胶吸收紫外线而发生氧化，部分色素分解，在水中浸泡时，便会发生溶解。此溶解作用实际上可能包含了两层意思：一是溶解白日暴晒时分解了的丝胶；二是井水中可能存在某些微生物，可进一步分解部分丝胶。此丝未言及灰练。这是我国关于练丝工艺的最早的记载。

练帛。工艺程序是先灰练、后水练。此“灰”主要指草木灰和蜃灰两种，实际上都是一种碱剂。《考工记·㡛氏》在谈到练帛时说：“湅帛以栏为灰，渥淳其帛，实诸泽器，淫之以蜃，清其灰而盝之，而挥之，而沃之，而盝之，而涂之，而宿之，明日沃而盝之。昼暴诸日，夜宿诸井，七日七夜，是谓水湅。”此“栏”即楝，可见这整个练帛过程计分三步：（1）把帛置于楝灰水中浸泡；（2）再用蚌壳灰水浸泡；（3）再作七天七夜的水练。这工艺的优点是：（1）它利用了丝胶在碱性溶液中具有较大溶解度的特点，先用较强的碱溶液，如楝灰水、KOH 水溶液，使丝胶充分膨润、溶解，之后再用稍弱的碱溶液，即蜃灰水、$Ca(OH)_2$ 水溶液，把丝胶洗下；（2）采用反复浸泡的工艺，就避免了由于浸泡不均而脱胶不匀的现象。

灰练法在周代已经使用较广。《周礼·地官》曾置有“掌炭”的职官，“掌灰物炭物之徵令，以时入之”。郑玄注云：“灰、炭，皆山泽之农所出也。灰给澣练，炭之所共多。”灰水漂练法在我国一直沿用了下来，20 世纪五六十年代我国农村还有使用。

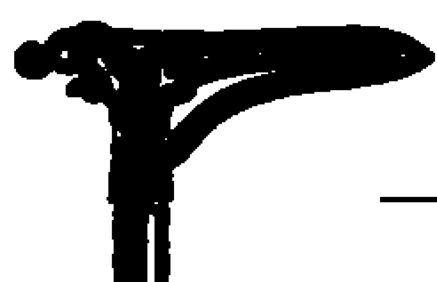
五、染色技术的发展和印花技术的发明

如前所云，我国纺织品人工着色技术约发明于仰韶文化中期[47]，且不能排除新石器时代便已使用了植物性染料的可能性。但在整个新石器时代，目前看到的着色织物仅此荥阳青台 1 例。夏、商、周三代之后，着色技术便有了较大发展，有关记载和实物也多了起来，并出现了五方正色、五方间色之说。《礼记·玉藻》云：“衣正色，裳间色，非列采不入公门。”孔颖达引皇氏云：“正谓青、赤、黄、白、黑，五方正色也；不正谓五方间色也，绿、红、碧、紫、騂黄是也。”此“五方正色”和“五方间色”，加起来便是 10 色，这是最为基本的色调，已经不少。大约商、周时期，染色便逐渐成了独立的生产部门，宫廷中设有职官，专门管理染色。《周礼》“天官”下设有“染人，掌染丝帛”；“地官”下设有“掌染草，掌以春秋敛染草之物”。《考工记》一书谈到了官府手工业的三十个工种，其中，“设色之工五……画、缋、钟、筐、㡛”。

凡染，有石染、草染两种。前者系以矿物颜料着色，后者则是以植物性染料染色的。山顶洞人饰器之染红[49]，自然是矿物性颜料，为石染；《周礼》所记色彩中，当既有石染，也有草染。织物之石染，也在我国沿用了相当长一个时期。

（一）石染技术之发展

除青台丝织品外，今见较早的人工着色纺织品当属商代。故宫博物院珍藏一件商代玉戈，正反两面均残有麻布、平纹绢等织物痕迹，并掺有丹砂[50][10]。周代之后，着色技术便逐渐扩展开来，陕西岐山西周墓出土的丝绸上残有丹砂痕迹[20]；陕西茹家庄出土的纺织品上残有石黄（雄黄）痕迹[51]，这都是石染之证。商、周



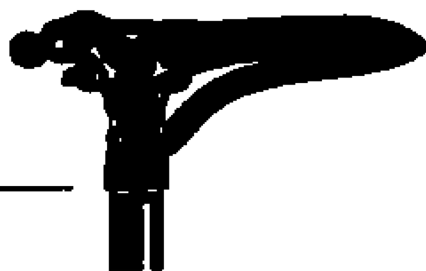
石染的着色颜料主要有：赤铁矿、丹砂、石黄、空青、蜃粉等。《周礼·秋官》在谈到“职金”的职能时说：“职金，掌凡金、玉、锡、石、丹、青之戒令。”郑玄注：“青，空青也。”此“空青”又名青臒，是一种碱式碳酸铜 $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$，呈绿色，自古便是一种着色颜料。孙诒让引陶弘景云：“空青多充画色。”孙又按云：“丹青并以共石染。”《荀子·正论》在谈到刑法时说：“杀赭衣而不纯。”杨倞注：“以赤土染衣，故曰赭衣。纯，缘也；杀之所以异于常人之服也。”即是说，死囚须着无领赭衣。这是古代以赤铁石（赭石）染衣之证。商、周所见白色颜料主要是胡粉和蜃灰。《楚辞·大招》：“粉白黛黑，施芳泽只。”此“粉”即胡粉、铅白，学名碱式碳酸铅，古人用作化妆，亦可他用。《周礼·地官·掌蜃》说到职官“掌蜃”的职能时说：“掌敛互物蜃物……祭祀共蜃器之蜃。”郑玄注云：“敛五物者，以其互物是蜃之类。”注引郑司农云：“蜃可以白器，令色白。”可知蜃可以白器。这些白色涂料常用作绘画的底色或色边，使花纹更为突出。

颜料与诸纺织纤维均不能发生染色反应，实际上只是一种物理沾染和附着。为了增加颜料附着力，古人还使用过一种有机粘合剂。《考工记·钟氏》云：“钟氏染羽，以朱湛丹秫，三月而炽之，淳而渍之。”此“朱”即朱砂；“丹秫”即赤粟。说用粘合剂涂染羽毛。1974 年时，长沙发现一件战国丝织品，经二重组织，其一部分经丝是丹砂染色，和它靠在一起的另一部分经丝是淡褐色植物性染料染色的，两种色丝上下交织，很少彼此沾染，前者曾用粘合剂是无疑的[52]。

（二）草染技术的发展

依前引《后汉书》的说法，草染应发明于高辛氏时期，相当于仰韶文化中晚期至龙山文化前期。但在考古发掘中，草染实例在商及其之前还是甚为鲜见的，西周之后才广泛地使用起来。从文献记载看，周代的染料主要有靛蓝、茜草、紫草、荩草、皂斗等。《周礼·地官》在谈到与染色有关的职官时说：掌染草，“掌以春秋敛染草之物”。郑玄注：“染草，茅蒐、櫜芦、豕首，紫茢之属。”《周礼·地官·叙官》郑玄注“掌染草”云：“染草，蓝、蒨、象斗之属。”贾公彦疏：“蓝以染青，蒨以染赤，象斗染黑。”孙诒让“正义”云：“掌染草者，凡染有石染，有草染。此官掌敛染色之草木，以供草染。”孙诒让在“掌染草”条中征引诸家之说，认为茅蒐即茜草；櫜、宅、杔、芦、盧、栌，皆为一物，栌即黄栌，可以染黄；豕首即染蓝之草；紫茢即紫草，象斗即草斗，俗作皂斗[53][54]。大约商、周之后，以植物染料为着色剂的染色技术便逐渐发展成一个独立的生产部门，从染料选择、培育、加工，到布帛的漂练、染色、印花，都形成了一套完整的工艺。基本操作是多次浸染，周代可能还采用了媒染法。下面简要介绍。

靛蓝。主要染青、染蓝。《说文解字》：“蓝，染青，草也。”据传夏代便已开始种植。《夏小正·五月》：“启灌蓝蓼。”[55]蓝草种类较多，蓼蓝在夏历五月发棵，宜于分棵栽种。虽学术界对《夏小正》的年代存在不同看法，这条资料是否能肯定夏代便已种植了靛蓝，并用它作为染料，目前尚不能肯定，但它至少说明，靛蓝种植是较早的。《礼记·月令》也有类似的记载，说仲夏之月，“令民毋艾蓝以染”。蓼蓝在六七月间草叶成熟，如若仲夏（五月）采摘，便会影响生长。可见早在先秦时期，人们对蓝草的生长规律已有了较深认识，并靛蓝染色使用已广。蓼



蓝叶中含有蓝甙，可提出靛蓝素，是靛系还原染料。蓝草叶泡入水中发酵后，蓝甙水解溶出，即成吲哚酚，后在空气中氧化缩合成靛蓝。一般认为，当时很可能是直接把布帛与蓝草叶揉在一起，或置于发酵后的蓝草叶澄清液中浸染的，之后，吲哚酚在空气中转化为靛蓝。靛蓝色泽浓艳，牢度较好，直到20世纪中期，还在我国民间沿用。

茜草。又名蒨草、茹藘、茅蒐。染红。《说文解字》："茜，茅蒐也。""可以染绛。""蒐，茅蒐、茹芦。人血所生，可以染绛。"是周代广泛使用的染料。《诗·郑风·东门之墠》："东门之墠，茹藘在阪。"郑笺云："茹藘，茅蒐也。"孔疏云："茅蒐，一名茜，可以染绛。"又《诗·郑风·出其东门》："缟衣如藘，聊可与娱。"郑笺云："茹藘，茅蒐之染女服也。"茜草的色素主要是茜素和茜紫素，如若不加媒染剂，便只能染成浅黄色，媒染剂不同，色泽亦异。

茜草的使用还在考古实物中得到了证实。20世纪80年代时，新疆且末县扎洪鲁克墓和洛甫山普拉墓群皆出土过一批毛织物；前者断代为公元前1000~前800年，后者断代为公元0~300年；其服饰皆呈红色，唯深浅略有不同，有绯色、绛色、枣红、玫瑰红、橘红等。经分析，此红色染料的原料便是茜草。表2-5-1为9件周、汉红色毛织物残片染料分析结果[56]。由之可见，9件样品染料的主要成分都是茜素（alizarin）和紫茜素（pupurin）。茜草的主要成分有茜素、紫茜素、膺紫茜素（pseudoprupurin）、茜根定（rubiadin）、门依司丁（munjistin）。但不同的茜草，这些成分的含量和稳定性都有一定差别。

表2-5-1　　新疆周—汉毛织物红色染料主要成分分析(Area/%)

色素\样号	85QZM$_2$21-3	85QZM$_4$30-2	85QZM$_4$-6	85QZM$_2$34	MO$_1$3102-3
茜素	43.55	54.88	45.34	34.63	74.16
紫茜素	56.45	45.12	54.66	65.37	25.84

色素\样号	MO$_1$3014	MO$_1$3311	MO$_1$3515	MO$_1$3411-2
茜素	35.66	13.89	35.49	10.59
紫茜素	64.44	86.11	46.51	89.41

注：采自文献[56]。

紫草。染紫。周代使用已广。《管子·轻重丁》云："昔莱人善染练，茈之于莱纯缁。"此"茈"即紫草。《尔雅·释草》："藐，茈草。"晋郭璞注："可以染紫，一名茈莀。"宋邢昺疏："一名茈草，根可以染紫之草。"说明先秦已用紫草染紫。又《韩非子·外储说左上》云："齐桓公服紫，一国尽服紫。当是时也，五素不得一紫。"可见先秦紫绸生产量较大，且其价格在素绸的五倍以上。紫草与茜草相似，不加媒染剂时，丝毛麻纤维都是难以着色的。

荩草。又名绿、王刍、黄草、菉竹、莀草、竹叶菜、鸭脚莎等[57][58]。周代已有使用。可直接染黄，也可用铜盐作媒染，而得到鲜艳的绿色，其一名为"绿"，很可能与此有关。《诗·豳风·七月》："八月载绩，载玄载黄。"《诗·邶风·绿衣》："绿兮衣兮，绿衣黄里。""绿兮衣兮，绿衣黄裳。"此玄、绿、黄皆指颜色，说明这些颜色当时已使用得较为普遍。《诗·小雅·采绿》："终朝采绿，不盈一匊。"郑笺云："绿，王刍也，易得之菜也。"此诗当作于幽王之时。《离骚》："薋菉



葹以盈室兮。”此“绿”、“蓁”皆指荩草，说明荩草在当时已是为人们熟知之物，“采绿”也是一项较为普通的活动。《说文解字》:“莨，草也，可以染留黄。”留黄，又作流黄、騄黄。看来，当时用荩草染黄、染绿都是可能的。在先秦染料中，黄栌亦可染黄。

皂斗。系栎属树木的果实，是我国古代主要的染黑原料。《周礼·地官·大司徒》在谈到山林、川泽、丘陵、坟衍、原隰五种自然环境的不同贡税方式时说：“山林，其动物宜毛物，其植物宜皂物，其民毛而方。”汉郑司农注第三句云:“植物，根生之属；皂物，柞栗之属。今世间谓柞实为皂斗。”前引郑玄注“叙官·掌染草”中亦包括象斗。可见皂斗在周代已是染黑原料，且是一种重要的贡赋之物。黑为五方正色之一，皂斗的使用应是无疑的。

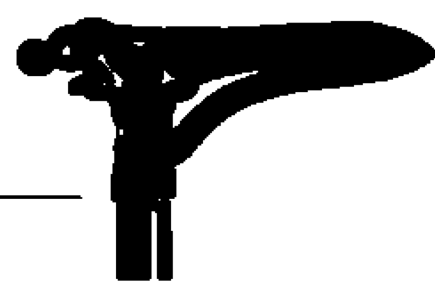
其他几种染草不再细说。上述文献资料和考古资料都表明，草染在西周时期已使用得相当普遍。

从工艺性质上看，我国古代的草染大约包括直接浸染、媒染和还原染等种。人类早期的草染大约主要是直接浸染，至迟先秦时期，又发明了媒染和还原染。

多次浸染法。这是早期染色的基本工艺。植物性染料虽可与丝麻纤维发生染色反应，但毕竟亲和力较低，每次浸染，着色都是较浅的，欲得深色，须得反复多次浸染。《墨子·所染第三》载:“子墨子言，见染丝者而叹曰：‘染于苍则苍，染于黄则黄，所入者变，其色亦变，五入必，而已必为五色矣。”这里便谈到了织物颜色与染料颜色和放染次数间的关系。《尔雅·释器》云:“一染谓之縓，再染谓之赪，三染谓之纁。”此“縓”为黄赤色，“赪”是浅红色，“纁”为绛色。这里谈到了多次浸染。由一染到三染，颜色逐渐加深。《尔雅》为汉初学者缀缉旧文而成，用它来说明早期浸染还是可以的。类似的多次浸染法至今仍在使用。

媒染法。因周代已大量使用了茜草和紫草染色，故当时已采用媒染法无疑。此外,《考工记》云，钟氏染羽，“三入为纁，五入为緅，七入为缁”。“緅”，黑中带赤者，全文原意是：染三次为绛色、五次为红黑色，七次为黑色，这显然是使用了媒染法，一般反复浸染是很难把绛色染成黑色的。一般而言，此媒染剂很可能是矾石一类矿物，汉代也有类似的工艺。《淮南子·俶真训》云:“今以涅染缁，则黑于涅。”高诱注:“涅，矾石也。”矾的种类较多，在此当指皂矾，学名硫碳亚铁，此物本身并不太黑，但它可与许多植物媒染染料形成黑色沉淀，从而使织物染黑。所以“钟氏染羽”实际上是以红色（纁）为地色，以矾石为媒染剂染成黑色（缁）的。这是我国古代关于媒染工艺的最早记载。

目前见于考古发掘的先秦染色织物已经不少，皆反映了相当高的技艺。如1982年江陵马山1号墓出土的舞人动物纹锦，经光谱分析，其经线有棕色、绛色和黄色，刚出土时，色泽鲜艳如新[10]，很可能是草染所致。有学者曾对新疆且末县扎洪鲁克墓和洛甫山普拉墓群出土的6件毛织物进行过X射线荧光分析，认为其至少使用了四种不同的染色工艺：（1）蓝色样品1件，可能采用了直接染色法，即通过涂染、揉染和浸染着色，因有关织物上未显示铝盐或铬盐，似非媒染剂染色。（2）红色样品3件，很可能采用了铝盐作媒染剂染色，3件样品上都显示了较高的铝。（3）3件红色样品的颜色深浅不一，颜色较深者含铝量亦较高，这很可能



是多次媒染所致的。（4）2 件草绿色毛织物很可能采用了蓝色和黄色染料套染而成，当人们将草绿色样品中的蓝色素提出后，其反射光谱曲线与黄色样品十分接近[59]。

从矿物原料的沾染到普通植物性原料的浸染，再发展到媒染剂的媒染，显示了我国古代纺织品染色工艺发展的基本过程。植物性染料染色技术的推广，媒染法的发明和推广，是商、周染色技术最为重要的成就。织成的布帛经漂练、印染、整理后，便可裁剪缝纫。

（三）关于印花技术的发明

1978～1979 年，江西贵溪春秋战国崖墓出土了双面印花的苎麻织物，基底深棕色，花纹银白色[60]。经分析，印花颜料为含硅化合物[61]。有学者认为，这是我国今见最早的印花织物，亦是我国，乃至世界型版漏印之始[62]。伴出物有两块刮浆板，较薄，断面呈楔形，平面呈长方形，短把。

器物表面上复制图案的工艺在我国出现较早，商、周青铜器图饰中，许多都是在铸型上用模具复印出来的；与织物印花在工艺上虽存在许多差别，但在技术思想上却是相通的。虽贵溪织物的图案较为分散，有学者对其持有疑义，但我们以为，印花技术发明于先秦的可能性还是存在的。

（四）关于画缋

先秦衣物除了一般染色外，还有一种以绘画方式着色或成纹的工艺。《周礼·天官·司内服》云："掌王后之六服，袆衣、揄狄、阙狄、鞠衣、展衣、绿衣、素沙。"郑司农云："袆衣，画衣也。""揄狄、阙狄，画羽饰。"即是说，六服之中，袆衣即是画衣；揄狄、阙狄为画羽饰，皆为司内服所掌，皆以绘画方式着色成纹。又据《考工记》载，在官府的百工之中，有设色之工五，其中包括"画"、"缋"之工①，说"画缋之事，杂五色。东方谓之青，南方谓之赤，西方谓之白，北方谓之黑。天谓之玄，地谓之黄。青与白相次也，赤与黑相次也，玄与黄相次也"。郑玄注云："此言画缋六色所象，及布采之第次。缋以为衣。"孙诒让"正义"引司几筵云："缋，画文也。"引《释名·释书契》云："画，绘也，以五色绘物象也。"[63]这种画缋工艺的具体操作，今已难得详知，估计应是衣物局部作彩和成纹，而非整体染色，更非帛画之类。《金史》卷四三"舆服志中"说到过一种"间金绘画"的装饰，对我们理解这种画缋之工当有一定帮助。

六、丰富多彩的纺织品

夏、商、周织物品种较多，做工也较精细，组织亦较复杂，尤其丝织物，显示了相当高的技艺，这个时期的织物再不是原始社会那种简单的平纹和原始纱罗，而是出现了斜纹、平纹与斜纹的变化组织、联合组织，以及经二重和纬二重、大提花等复杂组织。

纺织品是整个纺织技术从原料选择、加工，到纺、织、印染、整理等发展状况的综合反映的集中体现。商周时期，织物的平纹组织有了较大发展，并从纱支、

---

① 《考工记》"总叙"说，设色之工五，画与缋是作为两个不同的工种或氏族来述说的，但在正文中，画与缋却是作为一个工种（或氏族）而放在了一起。

密度、捻度等方面改变和丰富了织物结构，商代出现了斜纹，西周有了锦，有了复杂组织；许多织物花型秀美，构思巧妙，无不显示出高超的技艺。

（一）丝织品

夏、商、周时期见于文献记载和考古发掘的丝织品主要有绡、纱、纺、绌、绢、縠、缟、纨、绨、罗、绮、锦等，它们多已得到考古实物的印证。今只对縠、绮、锦、纱、绢、绌、罗作一简介。

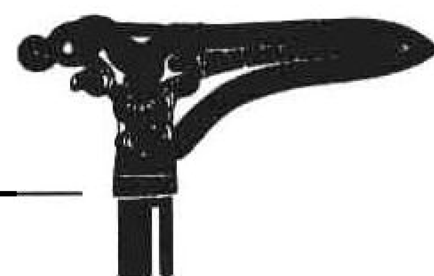
縠。平纹熟丝织品，外观有明显的方孔，又有细致均匀的鳞状绉纹。平纹而呈现绉的效果，是经纬纱强捻，且方向相反所致。织物纱线间原留有一定空隙，煮练后因组织应力的缘故，使加捻的经纬丝退捻而引起收缩弯曲，使织物表面呈现绉纹。

今见较早的绉纱织物是河北藁城台西村商代铜觚附着的绉纱残片等，其经线由两股丝线捻合而成，捻度2500～3000捻/米左右；合股后经线投影宽度为0.10毫米，密度约30～35根/厘米；纬线为多股捻合而成，投影宽度约0.3毫米，密度约30根/厘米，捻度2100～2500捻/米[32][64]。

先秦文献中亦不乏关于縠的记载。《战国策·齐四·管燕得罪齐王》载："下宫糅罗纨，曳绮縠，而士不得以为缘。"糅，混杂。这里谈到了縠、罗、纨、绮4种织物。又，《汉书》卷四五"江充传"："充衣纱縠禅衣"。颜师古注："纱縠，纺丝而织之也。轻者为纱，绉者为縠。禅衣制若今服。"此倒数第二句，阐明了縠的基本特征。

绮。是织纹变化，在平纹地上起斜花的织物。绮多素织，织成后再染色，也有以彩线相间织造的。从现代织物组织分类学看，绮是一种小花纹织物，是由两种或两种以上的组织，按各种方式联合成的。有关的商、周实物较多，习见有菱纹、回纹、云雷纹等几何图案。据报道，故宫博物院珍藏的一把商代玉戈曾附有雷纹条花绮残迹，其花纹的丝用四枚异向斜显花，平纹地。显花的丝线不加捻，经纬密约每厘米20根和16根[50]。前引"齐策四"等皆提到过绮。

锦。以彩色丝线织成，且有花纹的织物。锦不但像绮那样重视花纹，而且重视色彩。把织物组织的变化和纱线色彩的变化巧妙地组合起来，使织物纹、彩并茂，绚丽多姿，是商、周丝绸生产技术高度发展的标志。今在考古发掘中所见年代最早的锦属西周早期，辽宁朝阳、宝鸡茹家庄等地都有出土。据分析，朝阳出土有经二重丝织品多层，经密26×2根/厘米，纬密14根/厘米，正反两面均采用三上一下的经重平组织，表面的经纬浮点都有斜纹效果[65][66]。茹家庄锦粘于铜剑上，为经、纬丝显花，纬二重，纬丝表里交换的菱纹丝织品，经密达70根/厘米，纬密20×2根/厘米；经复原，残存花纹的纬丝循环达42根，显花纬丝浮长3～4毫米[65]。春秋战国时期，各种锦织物有了进一步发展，尤其值得注意的是楚国，从1952年夏到1994年，长沙近郊发掘2048座楚墓，其中4座墓出锦38件，包括彩条纹锦、浅棕色菱形纹锦、深棕地红黄色菱纹锦、褐地矩纹锦（彩版伍，1）、褐地红黄矩纹锦（图2-5-1）、朱条暗花对龙对凤纹锦（彩版伍，2）、褐地双色方格纹锦、褐地几何填燕纹锦等[67]，其花纹已超出了几何图案范围，色彩异常丰富，它们是采用经二重、经三重组织的，经纬丝色彩主要有：朱、棕、橘、土黄、褐等。纹样和色彩搭配得十分和谐，在设计和织造上都有相当高的造诣[33]。经二



重、纬二重组织，三重经组织，皆是复杂组织，它们的出现是周代织物组织运用上的重大突破。1965年江陵望山楚墓出土的对兽彩条锦更表现了一种独特的风格，其以阴阳块面纹组成角兽双虎，形象生动活泼，双色暗花。经密度为：甲组织部分90根/厘米，乙组织部分180根/厘米；纬密度皆为42根/厘米。经线无捻，纬线弱捻。甲组织为三上一下的左斜纹，乙组织为三上一下的二重组织[68]。1982年湖北江陵马山一号楚墓出土大批丝织品和一双麻鞋，其丝织品有绢、绨、纱、罗、绮、锦、绦、组八大类，几乎包涵了先秦丝织物的全部品种，锦的纹样则多达十余种，尤以舞人动物纹锦衾的纹样最复杂[81]。

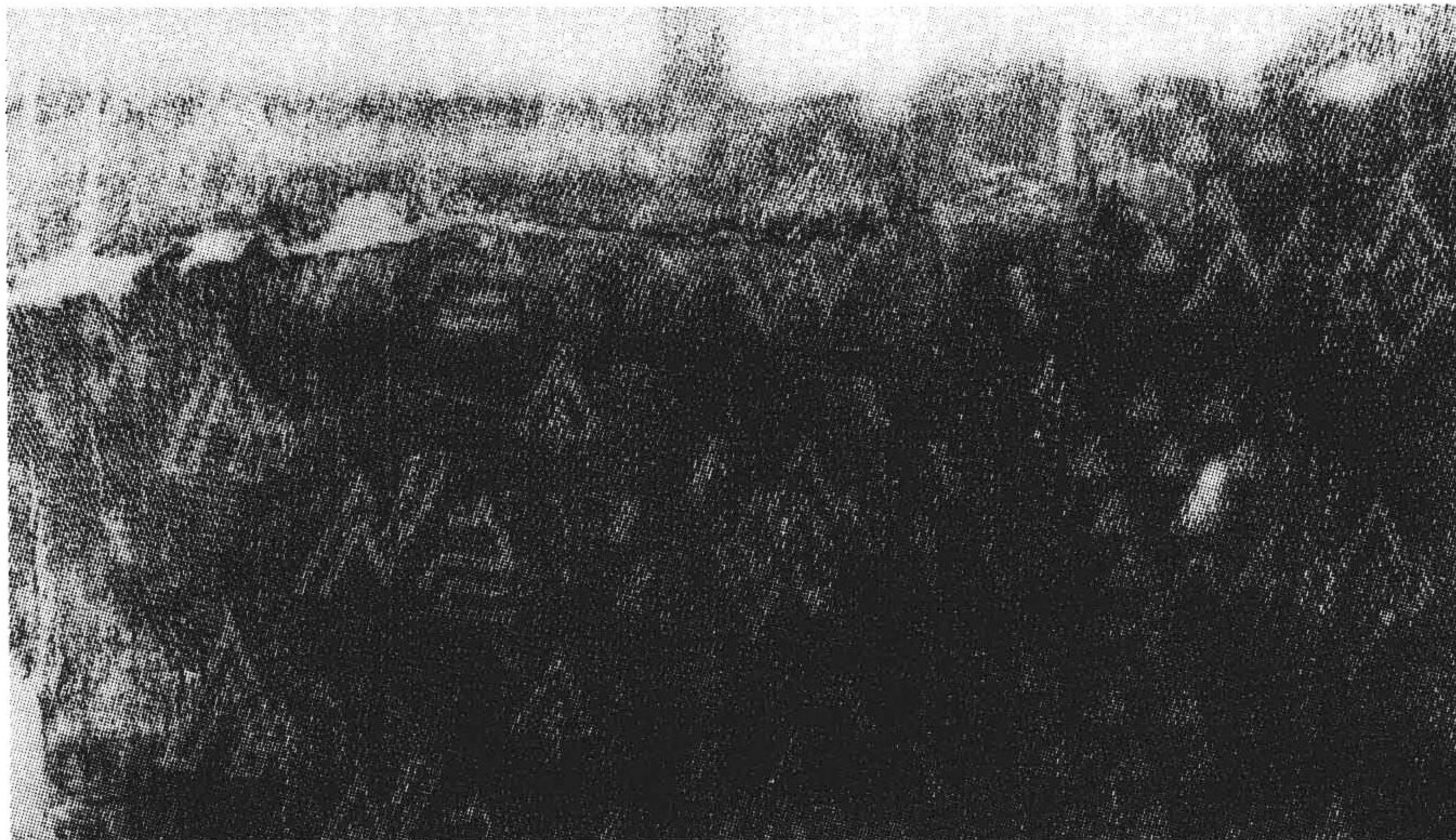


图2-5-1 长沙楚墓战国晚期褐地红黄矩纹锦（M1023：20-5局部）
采自文献[67]，图版壹伍伍，5

文献上关于锦的记载也较早。《诗·小雅·巷伯》也："萋兮斐兮，成是贝锦。"此"贝锦"即是彩如贝文的锦。巷伯乃时人刺幽王诗，时属西周晚期。《诗·卫风·硕人》："硕人其颀，衣锦褧衣。"说卫庄公夫人穿锦服罩布衣。时为春秋早期。《诗·秦风·终南》："君子至止，锦衣狐裘。"孔颖达疏："锦者杂采为文，故云采衣也。""终南"篇乃秦人刺秦穆公而作，属春秋中期。《左传》闵公二年："归夫人鱼轩、重锦三十两。"晋杜预注："重锦，锦之熟细者……三十两，三十匹也。"熟细之锦达三十匹，可见数量之大。又，《礼记·玉藻》曾多次提到锦，其中一次为："君衣狐白裘，锦衣以裼之"。

我国古代之锦，可区分为经显花和纬显花两大类，从战国到唐代初年，大凡都是以经显花为主的；又可区分为平纹锦与斜纹锦两种，大凡从战国到北朝初期，几乎都是平纹经锦，隋至唐初才逐渐盛行起斜纹经锦来[69][70]。

纱。又谓之沙、縩。是质地最为薄轻且稀疏的织物。组织为平纹交织，表面分布有均匀的方孔。前引《周礼·内司服》便提到过"素沙"。青台仰韶文化遗址曾出过麻纱。长沙楚墓出土过12件，其中标本M115:30，为褐黄色方孔纱，纱孔均匀清晰，经密为48根/厘米，纬密为46根/厘米。此外还出土过纱冠1件、纱手帕



1件[67]。

绢。采用平纹，或平纹变化组织为地的色织，或色织套染丝的织物。质地紧密薄轻，表面细洁光滑，光泽柔和。《说文解字》:“绢，缯，如麦稍色。”始见于钱山漾下层良渚文化时期，中国国家博物馆1件商代铜片上附有绢片，平纹，经密42~46根/厘米，纬密17~20根/厘米，色白，其上有丹砂“污染”[10]。人们推测，此丹砂很可能是用来着色的。长沙楚墓出土绢82件，标本M1023:20-1为平纹，经密为84根/厘米，纬密为50根/厘米[67]。

䌷。由粗茧纺织成的粗绸。较之更粗者谓绁，由茧的下脚料织成。至迟始于西周，信阳孙砦西周遗址出土2件䌷[71]，平纹，经纬丝稍粗且曾加捻[72]。

罗。是质地薄轻，丝缕纤细，经丝互相纠缠，呈现均匀椒孔的织物。罗又包括素罗和纹罗，罗地不起花为素罗，提花起纹为纹罗。纹罗的显花原理与纹绮、纹锦是有区别的。纹绮和纹锦的经丝都互相平行，经纬丝交织时，因浮长线之不等而形成花纹和地纹，同时以经丝和纬丝并列，或重叠配置的方式，构成花纹和地纹组织。纹罗则是以绞经、地经相互绞缠，绞经有规则地向左右方与地经丝相互连续绞转而形成网纹的[73]。

罗始见于新石器时代晚期，荥阳青台出土有原始的二经绞罗。商、周时期，罗织物有了进一步发展，战国时期便有了四经绞素罗，如江陵马山1号楚墓所出土的素罗等。其绞经和地经有规律地交替向左右绞转，每相邻的4根经线形成近似六边形的网孔，每织入4根纬线完成一个组织循环。经、纬线都曾加捻，其投影宽度分别为0.15毫米、0.05毫米。经纬密为40根/厘米×42根/厘米。织物厚0.17毫米，灰白地（图2-5-2）。时约公元前340~前278年，为战国中期偏晚或战国晚期偏早[74]。前引《战国策·齐四》提到的4种丝织物中，罗便是其中之一。又《楚辞·招魂》:“罗帱张些，纂组绮缟。”《招魂》为宋玉所作。这些都在一定程度上说明了罗织物之重要和发展。

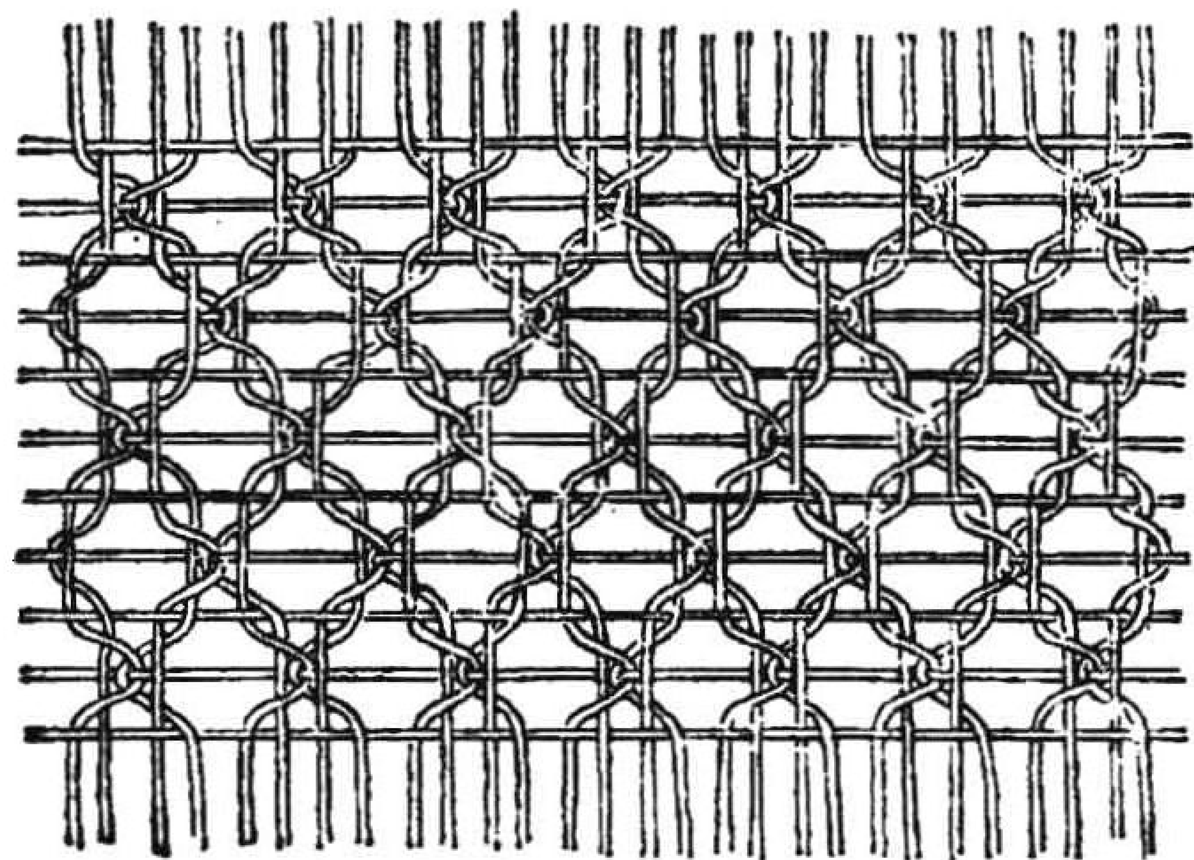
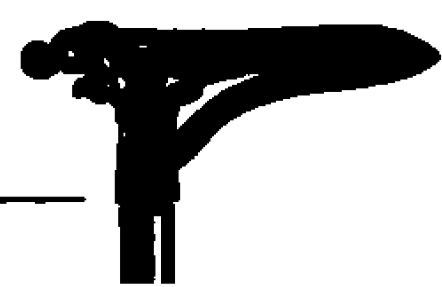


图2-5-2　江陵马山1号楚墓（战国中晚期）素罗组织示意图

采自文献[74]，第29页

上面介绍了縠、绮、锦，以及纱、绢、䌷、罗的部分情况。此外，先秦文献还提到过其他一些丝织物。《礼记·玉藻》提到过绡:“玄绡衣以裼之。”《战国策·齐四·鲁仲连谓孟尝》提到过缟:“后宫十妃，皆衣缟纻，食粱肉。”《管子·轻重戊》提到过绨:“鲁梁之民俗为绨。”（戴望注:“缯之厚者谓之绨。”）在见诸文献记载和考古发掘的商、周丝织品中，绡、纱、纺、䌷、縠、缟、纨等是无花纹的，绮、锦则是带有花纹的，它们分别反映了不同的织造工艺和组织结构。在此还有一点需说明的是：商、周丝织物已出现了斜纹组织，它的基本特点是：交织点连续而成斜向纹路，花纹突出，光泽较好。此期的斜纹组织还不是单独出现的，而是多见于回纹、云纹、菱纹的几何图案中，同时又以变化的斜纹组织出现。



（二）麻织品

相当长一个时期内，它是我国社会的主要衣着。由于官府手工业的发展和商品交换的需要，早在周代，我国便有了一套衡量其纱线精粗的质量标准，即“升”，这是依照每一幅宽内纱线多少来计算的。《仪礼·丧服》郑注云：“布，八十缕为升。升字当为登；登，成也。”当时幅宽规定为二尺二寸①，故“朝服十五升”即是二尺二寸幅内有麻 80×15=1200 缕，若每尺依 23 厘米计算，此朝服的密度便为 1200/(23×2.2)=23.7 根/厘米；大工布九升，密度便为（80×9)/(23×2.2）=14.2 根/厘米。当时最细的布为 30 升，用来做冕。《仪礼·士冠礼》“爵弁”郑注云：“爵弁者，冕之次……其布三十升。”② 其密度则为 47.4 根/厘米。麻织品在我国南北方都有出土，并很早就达到了较高水平。前云武夷山白岩洞船棺墓出土有 3 块大麻布残片，平纹，经密为 20～25 根/厘米，纬密为 15～15.5 根/厘米，相当于 12～15 升布；一块苎麻布的经密为 20 根/厘米，纬密为 15 根/厘米，约相当于 12 升布[12]。长沙楚墓出土麻织品 7 件，其中包括麻布 2 件，其中一片为斜纹提花，组织为二上一下，深褐色，经密为 32 根/厘米，纬密为 22 根/厘米[67]。

（三）毛织品

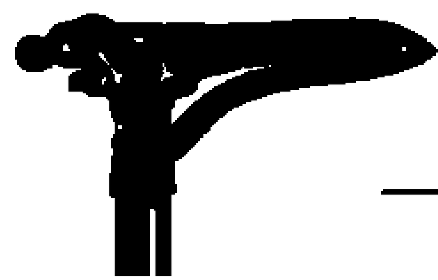
主要出土于我国西北地区，平纹居多，也有部分斜纹；经密多大于纬密，也有纬密大于经密的；有红、绿、驼等色，也有未染的素织品。1983～1984 年，新疆和静县 1 号墓（相当于西周中期至春秋中期）出土 1 件毛织品，平纹，经线双根，经密为 5×2 根/厘米；纬线单根，纬密约 13 根/厘米[36]。2 号墓（相当于春秋战国之际）所出毛织物多为二上二下的斜纹[75]。1986 年，新疆哈密焉不拉克出土毛织品 30 件，有平纹、斜纹，还有编织物，平纹织物 19 件，皆一上一下组织，稀密程度不一。其中一件试样为驼色，较为稀疏，经密纬密皆 7 根/厘米。一件试样呈黄色，较紧密，经线稀且粗，经密为 5 根/厘米，每根直径 0.5 毫米；纬线密且细，纬密为 28 根/厘米，每根直径 0.2 毫米。经线被纬线包裹不外露，织物外观显出经向畦纹效应。斜纹组织 10 件，皆二上二下组织。一件试样为黄色，经线、纬线均单股，经密、纬密均为 13 根/厘米[28]。1999 年，新疆哈密市艾斯克霞尔墓地出土可辨器形的毛织品和编织品计 17 件，其中至少有 8 件为毛布制品，包括毛布袍 1 件、毛布袍残片 3 件、毛布帽 2 件、毛布裤残片 1 件、彩条纹毛布裹巾残片 1 件。其中毛袍 M5:5 为棕地条纹下摆残片，残长 110 厘米，残宽 50 厘米，平纹组织，经线为棕、浅蓝、橘黄三色，纬线褐色；经纬线均 Z 捻，经纬密度为 22 根/厘米×10 根/厘米，约属公元前 1000 年前的新疆青铜时代[76]。这些毛织物皆纱线均匀，织作平整，表现了较高的技术水平。

（四）刺绣

刺绣与锦等不同，它的花纹不是织出，而是在已经织好的织物上，用绣花针绣出的。始见于商，今日所见有殷代铜觯附粘的菱纹绣，属平绣法[77]；之后，刺

① 《礼记·王制》：“布帛精粗不中数，幅广狭不中量，不粥于市。”孔颖达疏：“广狭者，布广二尺二寸，帛则未闻。”

② 此“爵弁”到底是麻还是丝，文献上所述不甚明白，郑注云“其布三十升”，应是指麻；但郑接着又说：“唯冕与爵弁用丝耳。”前后两说不一。贾公彦疏又说是麻，“爵弁者，冕之次者……绩麻三十升。”



绣便一直延续了下来。此期大家较为熟悉的刺绣品有：西周前期宝鸡刺绣衣衾[78]、长沙楚墓的凤纹绣等[79]。1974 年，宝鸡茹家庄西周前期強伯墓出土有刺绣衾，采用辫子股绣，即锁绣针法，在染色丝绸上，用黄色丝线绣出各种图案，色泽鲜明，工艺熟练。颜色有朱红、石黄、褐、棕四色。红、黄为天然丹砂、石黄加粘着剂涂染，刺绣料用植物染料染成[78][80]。1958 年，长沙烈士公园 3 号墓木椁墓出土有 2 件刺绣品，在绢上以链环状针脚绣出龙凤图案。此外还有丝被，在平纹织物上绣有堆花，且有朱色彩绘，断代春秋[79]。

第六节 髹漆技术的发展

新石器时代的髹漆技术水平还较低，夏、商、周便有了较大的发展，不但漆器种类增加、数量增多，而且出现了许多新工艺，制作了大量造型优美、技术水平和艺术价值都较高的产品。春秋战国时期，我国古代漆器技术发展到了一个前所未有的高峰，尤其是南方的楚国，成了全国漆器生产的重心。此期器胎除木胎、竹胎、陶胎外，还使用了皮胎，并发明了夹纻胎。木胎加工主要是斫制，同时使用了卷制。至迟战国时期，便已用油兑漆，使各种彩绘变得鲜艳夺目起来。镶嵌技术也有了进一步发展，发明了填漆、描金、贴金，以及釦器工艺，使此期髹漆技术在我国古代技术史和艺术史上都占有重要的地位。

一、夏、商、周髹漆技术发展的一般情况

夏、商、周时期，漆器出土数量、种类和地域都有了增加和扩展，目前在南方和北方都有漆器出土。

（一）二里头时期

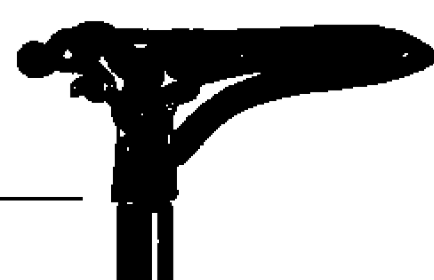
河南偃师二里头的二、三、四文化期都出土有漆器，表面皆髹红漆，无彩绘。1981 年，其二期墓葬出土漆器 4 件，即钵 2 件、觚 1 件、鼓 1 件；鼓形较大，长筒束腰，长 54 厘米[1]。1980 年、1984 年，二里头三、四期墓葬出土漆器多件，可辨器形的有盒、豆、筒形器、觚等；三期墓葬还出土了一件木质雕胎漆器，雕兽面花纹[2][3]。

（二）商代前期及其与之相当的考古文化

1974 ~ 1983 年，赤峰大甸子夏家店下层文化清理 804 座墓葬，至少 16 座出土有残漆片。另有 10 多座出土有红色、黑色碎屑片，虽尚未进行科学分析，但一般认为是漆片。这些器物多已腐朽，漆皮亦多已破损，只有 1 件觚形器较为完整，另有 5 座墓也有类似器形。有的器物上似镶嵌有绿松石、蚌片、螺片，其年代约相当于夏末商初[4]。1977 年辽宁敖汉旗（今属内蒙古自治区）出土两件近似觚形的薄胎漆器，距今 3400 ~ 3600 年，有学者认为它很可能是中原或南方制造的[5]。

1973 ~ 1974 年，河北台西村商代中期遗址出土有盘、盒等薄板胎漆器，木胎上雕有浅浮雕花纹，多作朱红地、黑漆花。花纹有饕餮纹、蕉叶纹、云雷纹、夔纹等，花纹比较匀称、清晰、明朗，在饕餮纹中并镶有绿松石[6][7][8]。

1974 年，湖北盘龙城商代中期墓葬发现有内外壁皆曾髹漆的木椁，外壁雕刻饕餮纹和斜角云雷纹，并填红黑两色漆[9]。



（三）商代后期

在安阳殷墟[10]~[14]、山东益都苏埠屯[15][16]、山东滕县前掌大[17][18]、河南罗山天湖[19][20]等地都有商代漆器出土，前掌大还出有嵌蚌漆牌。这表明商代漆器工艺已日趋成熟。

（四）西周时期

漆器技术又有了进一步发展。此期漆器出土地点大家比较熟悉的有：河南浚县辛村卫国墓地[21]、三门峡上村岭虢国墓地[22]、洛阳庞家沟[23]、陕西长安丰镐地区周人墓地[24][25]、北京琉璃河燕国墓地[26][27]、安徽屯溪西周墓[28]、湖北蕲春毛家嘴遗址[29]、甘肃灵台西周墓[16]等。其中又以北京琉璃河、蕲春毛家嘴漆器保存较好，且制作较精，分别反映了南北漆器技术的先进水平。彩绘技术、雕花技术、镶嵌技术此时都使用得更加普遍和成熟起来。琉璃河西周漆器品种有罍、觚、壶、簋、豆、杯、盘、俎、彝等，以豆居多。器表多有彩绘，多为红地褐彩或褐地红彩，黑漆地较为鲜见。有些漆器表面镶嵌蚌泡、蚌片、绿松石或贴金箔，个别漆器表面雕花，使图案呈浮雕状[26][27]。毛家嘴出土有圆形漆杯，圈足以黑漆和棕色漆为地，上施红彩，色彩鲜艳[29]。灵台中型墓出土有棺、椁，椁外髹棕色漆；有的棺上有红、黑两色相间的云气、草叶、几何形等纹饰彩绘[16]。在周代，国家对漆器的生产已较重视，并设置了相应的官吏和赋税制度。

归结起来，夏、商、西周漆器生产似具有如下几个明显的特点[30]：

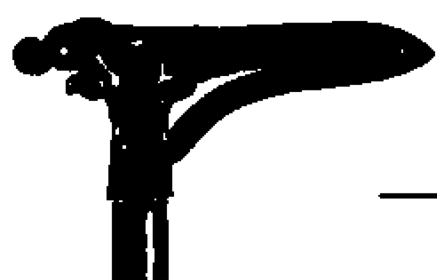
（1）出土量较少，绝大多数出自高级贵族墓，尚未向中下阶层推广和普及。

（2）器物种类多为仿铜器的容器，主要用作礼器，品种亦较少。

（3）胎质多为木质，其他材料的较少，制作技术亦多较简单。

（五）春秋战国时期

这是我国古代漆器技术大发展、大转变的重要阶段，漆器出土地点已遍及江、河、淮、汉，以及珠江流域的广大地区，其中又以江汉流域为最。属春秋时期的依然偏少，其中较值得注意的有：湖北当阳越巷4号墓，早年被盗，1987年发掘时仍出土有20件左右精美的彩色漆器，包括漆壶、漆簋、漆豆等，断代春秋中期偏晚[31]；河南固始侯古堆1号墓，1978年发掘，出土有漆雕木瑟、漆雕木鼓、漆木鼗鼓、小肩舆、盘龙等漆木器和彩绘漆竹竽，断代春秋晚期[31]。战国时期，漆器明显地增多起来，其中较值得注意的有：湖北随县曾侯乙墓[32]、江陵天星观1号楚墓[33]、江陵望山沙冢墓[34]、江陵雨台山楚墓[35]、荆门包山楚墓、江陵九店东周墓等。曾侯乙墓属战国早期，出土漆器达数千件，其中包括部分髹漆甲胄片、乐器、箭杆和一般漆木器等[32]。湖北江陵望山与沙塚的8座楚墓计出土漆木器约460件，主要出土于望山1、2号墓和沙塚1号墓[34]；江陵雨台山500多座楚墓中，近半数出土有漆器，总数约千余件[35]。其他一些地方也出土不少漆器，如湖南常德德山晚期楚墓，出土有夹纻胎漆奁[36]。河南信阳1号楚墓，出土有二三百件漆木器，彩绘精细、雕刻浑朴[37]。成都羊子山172号墓，出土9件漆器，均为釦器，黑漆地上朱绘出龙纹等图案[38]。山东临淄郎家庄1号墓，出土大量彩绘漆器，及用骨片和金箔装饰的漆器[39]。山西长治分水岭，其14、126、269、270号墓都有漆器出土，14号墓所出漆棺并加纻数层[40]，126号墓发现了许多漆片和各种图案



的金箔片[41]。北京永定门外贾家花园战国墓出土4件非常精致的错金银铜釦，分别为圆漆盒的盖顶、盖口、底口和底圈足，釦上嵌错出卷云纹、草叶纹、菱形纹等[42]。以往人们对云南漆器不太注意，其发明年代也是不晚的。1979年，云南呈贡天子庙滇墓群出土彩绘漆棒1件，木胎，黑地，上绘朱红、银白两色细线，属战国中晚期。1972年，江川李家山古墓群也出土过一些漆器，多为木胎髹漆，并彩绘，其中有的墓葬年代可上推至战国末期；江川李家山还出土有竹胎漆器[43]。

战国漆器已有官营和民营之别。平山县出土过一件漆盒，盖上有针刺文字："廿一年左库"[44]，此器当为左库所造。20世纪50年代以前，长沙出土过一件漆樽，其上亦有针刺铭文："廿九年，大（太）后口告（造），吏丞向，右工币（师）象，工大人台。"这也是一种官营作坊的产品，且"物勒工名"[45]。属于私营作坊的实例也可看到。长沙沙湖桥出土过1件漆耳杯，背面漆书"口里口"[46]。长沙杨家湾6号墓出土过一个漆盒，盒底外面与盒底里面阴刻"王二"字样；同墓还出土有20件漆耳杯，每个底部中央都有一个相同的烙印[47]。睡虎地漆器大部分都有针刻、烙印、漆书的文字和符号，其中针刻的有"李"、"张二"、"大女子口"、"路里"等[48]。这些很可能都是私营作坊的标记。至于睡地漆器烙印文中所见"亭"、"咸"等字样，则不能排除官营的可能性。

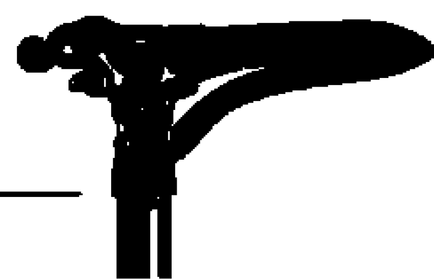
此期文献上关于漆的记载也多了起来。《诗·唐风·山有枢》："山有漆，湿有栗。"诗序云，此乃刺晋昭公之诗。《诗·秦风·车邻》："阪有漆，湿有栗。"《诗·鄘风·定之方中》："树之榛栗，椅桐梓漆。"可知当时漆树已经不少。周代还有了一套漆园的管理制度。《史记·庄子列传》载："庄子者，蒙人也，名周。周尝为蒙漆园令。"可知庄子曾为管理漆园的小官。《周礼·地官·载师》："唯其漆林之征，二十而五。"可见周时漆林主要是由国家掌握的，置漆园吏，以司其事；民间产漆，则须交纳四分之一的重赋。在《山海经》一书中，关于产漆的记载就更多了。如"西山经"载："曰号山，其木多漆椶。""曰英鞮之山，上多漆木，下多金玉鸟兽。""北山经"载："曰虢山，其上多漆，其下多桐椐。""曰京山，有美玉，多漆木多竹。"《中山经》载："曰熊耳之山，其上多漆，其下多椶。""翼望之山……其下多漆梓。"

与商和西周相比较，战国漆器的特点是：（1）分布地域更广、出土数量更多。（2）器物以实用为主。大约春秋晚期，漆器亦完成了由礼器向实用器的转变。曾侯乙墓便出土较多的实用器，如用于装物的有：衣箱、食具箱、酒具箱等；用于盛食的有：杯、豆、罐、盒等；乐器有：扁鼓、琴、瑟、笙、箫等[49]。（3）技术上有了较大的发展，如，器胎已不仅仅限于木质、竹类、陶质，而是有了皮革、藤类、金属类（铜）、骨角，以及丝质等，这些胎质在曾侯乙墓中多可看到[50]。此外，还出现了夹纻胎，使我国古代漆器技术发展到了一个较高的阶段。

二、制胎技术的发展

商、西周漆器的胎质较为单调，春秋战国之后胎质的种类就多了起来，其中较值得注意的是下述六种。

（一）木胎。制作方法大体上可区分为斫、挖、卷曲和雕刻等种类。夏、商、西周时期，主要用斫、挖、凿法。小器以整木做成，大器则是先分制，之后再粘



接而成，这与铜器分铸法、陶器分制法相类似，这是一个重要的技术思想。此外，有学者认为先秦时期还使用了旋木胎。

斫木胎。即采用砍削的方式成型，这是早期漆木器的重要成型方式之一。大凡豆、勺、案、几、俎、梳、盾、剑鞘等皆以斫制为主[51]。

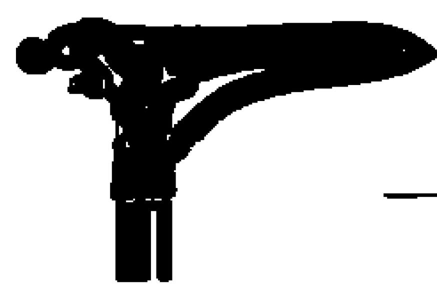
挖木胎。即采用挖的方式成型，也是早期漆器的重要加工方式。鸳鸯盒、扁圆盒、樽、卮、食具盒、酒具盒、剑盒等皆以挖制为主，楚墓中的耳杯，亦以挖制为主[51]。但也有人认为酒杯多采用刀斧砍削的方式，用整块木加工成的，先砍粗型，后作精细加工；一种器物可以使用多种加工方法。

卷木胎。元陶宗仪《辍耕录》卷三〇云："凡造碗、碟、盘、盂之属，其胎骨则梓人以脆松劈成薄片，于旋床上胶粘而成，名曰卷素。"器未饰为素，故卷素即是卷木胎之意。《髹饰录》"质法"第十七载："圆器有屈木者、车旋者。"[52]即是说，圆器有卷木胎和旋木胎两种。卷木胎大约是在薄胎漆器基础上发展起来的，薄板胎在敖汉旗，以及藁城台西村商代中期漆器上便有使用[6][7][8]，但数量一直较少，战国中期之后才逐渐发展起来，主要用在奁、杯上。制法是：先将长条薄木片的两端削成倾斜状，再弯卷成圆筒形，粘合后再粘接底板。见于考古发掘的有长沙杨家湾、颜家岭等楚墓所出漆奁等[53]。《孟子·告子上》载："子能顺杞柳之性，而以为桮棬乎？"此"桮棬"即指使用卷木胎制作的器物。"正义"引某氏云：圈即棬；桮，盘、盎、盆、盏之总名。《玉篇》："棬，屈木盂也。"

雕木胎。即木胎雕花，此技术始见于二里头三期，台西村商代中期遗址和琉璃河西周早期遗址亦有发现，战国时期便有了较大的发展。如战国早期曾侯乙墓所出案、禁，其案面、禁面四角都是浮雕，禁面当中透雕，有的漆器浮雕还有明显的仿铜器作风[49]。通常是先雕，之后髹漆。江陵望山出土有透雕漆绘小座屏，底座浮雕出蟒蛇，整座小屏共透雕出各种互相角斗的51个动物，是难得的艺术珍品[34]。有的为整木雕成，有的则是分别雕刻，之后再用榫卯接合或者粘合，其中有浮雕，也有透雕[51]。孔子有弟子姓漆雕，名开。《论语》："子使漆彫开仕，对曰：'吾思之未能信。'子说。"或与此有一定关系。

关于旋木胎。对我国古代漆器旋木胎的起始年代，学术界存在两种不同观点：（1）说其始于先秦时期。罗山天湖商代晚期墓出土有1件黑漆木碗，器形规整，碗底弧度自然，里外表面光滑，有学者认为其很可能是采用机械旋挖，再辅以手工修整而成型的，其操作与陶器的轮制法相类似[20]。另外，1973～1976年江陵雨台山楚墓出土过不少漆器，有学者认为亦使用了旋制工艺[35]。（2）说其始于汉代。有学者认为，有明显旋纹的漆器器胎当属汉代，先秦器胎上是很少看到的。两说都有一定的道理，因未曾一一亲睹有关实物，孰是孰非，可以进一步研究。但我们以为：从技术背景看，先秦使用旋木胎的可能性还是存在的。如前云，不少学者认为良渚文化玉器加工中很可能使用了砣机；另外，部分战国青铜剑首部密密麻麻的多层同心圆，当是使用某种轮轴机械在范上加工出来的，旋床与之大体上皆属同一类型。

旋床后世又谓之"天运"。明黄成《髹饰录》"利用"第一云："天运，即旋床。"[54]杨明注："其状圜而循环不辍，令椀、盒、盆、盂，正圆无苦窳，故以天名



之。"[55]王世襄解说道:"正圆形的漆器，如椀、盒、盆、盂等，它们的木质胎骨，除了是用薄木条圈粘(合)而成的外，都是用旋床来旋制的。"[55]

(二) 皮胎。至迟始见于春秋中期。多用在皮甲上。皮甲髹漆，主要用作防潮。《左传》宣公二年（公元前607年）载:"牛则有皮，犀兕尚多，弃甲则那。役人曰：从（纵）其有皮，丹漆若何?"依《左氏会笺》，后两句即是说:"纵令有皮，而丹漆难给，将之若何?"可见春秋中期已有皮胎漆甲。目前见于考古发掘的皮胎漆甲器有：前云曾侯乙墓所出髹漆甲胄片，湖北江陵藤店1号墓所出皮胎漆甲片[56]，荆门包山2号墓所出髹漆人甲2件、马甲2件、4号墓髹漆人甲1件，包山2号墓还出土有皮胎漆盾1件[57]，浏城桥亦出有漆盾等[58]。

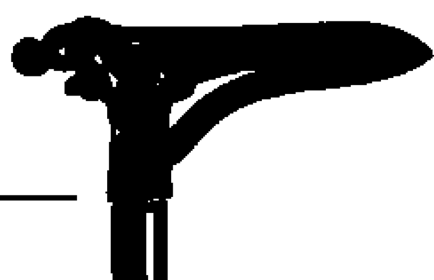
(三) 夹纻胎，即以纻麻织物作胎，其器后世又谓之脱胎漆器。具体操作是：先用木或泥制成内模，后在模上裱麻、抹漆灰（或谓刮漆灰），裱一层抹一层，之后磨光、上漆，干涸后再将内模取出。这种胎的优点是可避免木胎的干裂和变形。此法始见于战国中期，1980年四川新都战国中期墓出土1件夹纻胎的黑漆圆形锥刀套，是今见最早的夹纻胎漆器。从漆器残迹看，此墓当随葬过多件夹纻胎漆器[59]。类似的器物在湖北、湖南的楚墓中都可看到。江陵望山1号楚墓1件铜削鞘（WM1：G17）为夹纻胎，为彩绘漆[34]，江陵马山1号楚墓出土有夹纻胎彩绘漆盘[60]。看来在战国时期，巴蜀和楚国都是漆器技术比较发达的地区，许多新工艺都是在此两地最先发明出来的。此"夹纻胎"之纻，早期用纻麻或纻布，后来亦使用各种麻、丝、棉类织品。夹纻胎的出现是髹漆技术的一大进步。

(四) 木胎夹纻，即合木、纻二者为胎。多见于剑鞘上，其内层为两块粘合的木板，其外密缠丝线并髹漆，江陵雨台山127号楚墓、湖北黄冈国儿冲楚墓等都有出土[60]。成都羊子山172号墓出土的1件大方鉶漆器也是木胎夹纻的，先在木胎上贴编织物，然后再髹漆[38]。这既可保证鞘等的固有形态，又不易破损，亦较轻便。

(五) 竹胎。包括竹筒、竹片、竹条、竹篾等，其中尤以髹漆精细生竹篾编织物最为难得。竹胎漆器在云南江川李家山[43]，以及湖北江陵的雨台山、望山[34]、九店[61]等都有出土。江陵雨台山354号墓出土有2件竹笥，用涂有红、黑两色漆的篾编成，篾很细，编织成红黑相间的"山"字纹、矩形纹和雷纹[35]。该墓断代战国中期前段。成型方式主要有三种，即锯制、编制、斫制。竹筒、竹矢箙等以锯制为主；彩漆竹席、竹笥等，以髹红髹黑的篾片编成[51]。

(六) 金属胎。今见有铜胎和锡胎两种，但皆实例较少。铜胎漆器约始见于商，河南罗山天湖商代晚期6号墓所出土3件铜鼎①，曾用黑漆髹饰其突出的夔纹、涡纹、蝉纹等图案[20]。稍后，属春秋时期的有山东曲阜鲁国故城出土的2件木奁中，分别装有6件和4件整体髹漆的铜方盒[62]。再后，有曾侯乙墓所出编钟上的髹漆铜人、爬虎状挂钩和荆门包山楚墓所出髹漆青铜樽等。曾侯乙墓铜人表面先髹棕褐漆，之后彩绘出类于现今"连衣裙"形状的服饰，使铜人栩栩如生。

① 承欧潭生先生之托，我曾请中国科学院化学研究所有机化学研究室魏先生对天湖商代铜器上的漆状物作过鉴定，从光谱和成分看，是为有机物质，看来应当是漆。



同墓出土的爬虎状挂钩表面髹漆后又彩绘出虎皮状斑纹，甚为形象生动[32]。包山楚墓出土有两件青铜樽，外表面有金银错纹饰，樽内全髹红色漆[57]。另外，在信阳长台关楚墓、长沙楚墓、荆门包山楚墓等地都出土过一些彩绘镜，在镜背绘漆。荆门包山2号楚墓铜人的头发，是以髹黑色漆的方式表示的。包山楚墓中出土的人擎灯上，铜人的头发髹了黑色漆，十分形象美观。锡胎曾见于四川，1980年时，新都战国木椁墓出土两片方形锡器角部的残片，表面涂有黑漆[59]。

在谈到金属胎时，有学者十分强调漆皮对金属的防腐功效，并认为这是古人将油漆用于金属防腐的有力物证[63]。油漆对金属的防腐作用，是应当肯定的，但我们以为当时髹漆的目的，主要还是为了装饰，而非防腐：（1）铜和锡，皆非短时间内便会氧化并被毁坏之物，尤其是锡，防腐的迫切性不高。（2）不管包山大墓铜樽，还是曾侯乙墓铜人等，其工作环境皆无防腐之需。虽新都方形器功能不明，也很难判断其是否工作于腐蚀性较强的环境中。

除上述六种外，还有陶胎和原始瓷胎。陶胎漆器在云梦县珍珠坡楚墓中曾有出土，其有的陶器表里皆髹黑漆，且用红、白粉彩绘各种花纹[64]。据说原始瓷胎曾在河南庞家沟西周410号墓中看到，那是在原始瓷豆外嵌了蚌泡的漆器托残片[62]。

在上述胎质中，使用较多的应当是木胎、皮胎、竹胎三种，而夹纻胎、木胎夹纻、金属胎，绝对使用量都不大，陶胎和原始瓷胎更少。

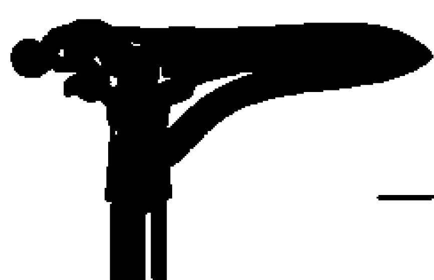
三、兑漆技术的发展

兑漆，即视不同的需要，掺入油和着色剂。从大量考古实物看，商、西周时期，兑漆技术大体上还沿用原始社会的工艺，当时的主要内容是掺入颜料，是否已经用油，目前尚难确定。当时漆器主要使用朱、褐、黑三色，山西陶寺、湖北蕲春毛家嘴[29]和北京琉璃河[26][27]都出有彩绘漆器，后二者多为黑地（或褐地）红彩，也有红地褐彩。安阳殷墟有时使用粉红、杏黄、黑、白4种绘彩，显然都是掺入了不同颜料来着色的。

战国时期，多种颜色的绘彩迅速扩展开来，信阳长台关楚墓漆器至少施用了鲜红、暗红、浅黄、褐、绿、蓝、白、金黄等多种颜色。彩绘工具可能使用了毛笔[37]。雨台山漆器多以黑、红漆为地色，通常器表髹黑漆，器内髹红漆；彩绘纹饰都施于黑漆地上，常用的颜色有金、黄、红、赭等色[35]。一般认为，这鲜明浅淡的色彩，不但掺入了着色剂，同时也是掺了油的[5]。单独用漆时，不管是生漆还是经脱水处理等之后的精制漆，通常都只能配制出黑色和较为浓重的颜色，无法配制出浅淡的色漆。

人们最早使用的漆应是单一的天然漆，之后才掺入了油类。掺油的目的是改善漆的流动性，提高制品光洁度等。一般而言，凡着黑色、深色者，主要使用天然漆；凡颜色浅淡鲜明的描绘，便必须用油。《髹漆录》杨明注云："黑唯宜漆色，而白唯非油则无应矣。""如天蓝、雪白、桃红，则漆所不相应也。古人画饰多用油。"[65]即是说，只用漆而不掺油时，便只能配制出黑色漆来，若需配制天蓝、雪白、桃红等浅色漆，单单用漆是不行的，故古代彩漆多数都用油。

关于先秦髹漆所用干性油的种类，目前尚难确定。有人认为可能是荏油，因



《尔雅·释草》记有“桂荏”之名[5]；也有人认为先秦可能使用了桐油[63]。但在先秦及至汉代，关于使用荏油的资料都很少看到，今见关于荏油的确凿资料属于南北朝时期，关于桐油或油桐的记载则是唐代之后才看到的。

四、装饰技术的发展

髹漆的基本操作过程通常可分为三步，即打底、上漆、彩绘或装饰。商、西周时期便已采用多次上漆的工艺。此期的髹饰工艺较值得注意的主要有：彩绘、描金、贴金箔、镶嵌、釦器等种。彩绘是最为基本的装饰。镶嵌又包括镶嵌绿松石、镶嵌蚌泡、螺片等种。此外，也有学者认为此期髹饰技术中还使用了堆漆技术。

（一）描金。这是漆地上描绘黄金花纹的工艺，往往金银并用，故又谓之描金银。其地色以黑最为常见，次是朱色、紫色。明黄成《髹饰录》“描饰”第六“描金”条载:“描金，一名泥金画漆，即纯金花纹也。朱地、黑质共宜焉。”[66]其至迟发明于战国早期，如曾侯乙墓内棺之内壁，在红漆地上彩绘有墨、金等色的复杂图案；豆盖全身以黑漆为地，再以朱、金彩绘[67]；信阳楚墓漆瑟残片的兽身图案周围皆平涂有极细的金彩[37]。荆门包山 2 号墓所出凤负双连杯，杯内髹红漆，杯外髹黑漆地，用红、黄、金三色彩绘[68]。此描金与金属工艺中的鎏金不同，鎏金需借助于汞齐对金和铜器的附着，描金只借助于水胶的粘着。

（二）贴金。做法是先在木胎上髹漆，当漆似干而未干时，将金箔贴于漆上。此技术始见于商代中晚期。1973～1974 年，藁城台西村墓 M14 出土一件贴金漆盒，盒已朽，金箔残片呈半圆形，已脱落，厚不足 1 毫米，正面阴刻云雷纹[6][7][8]。琉璃河西周早期漆觚也贴有金箔[26][27]。春秋战国后逐渐增多，1972～1973 年湖北襄阳山湾东周墓[69]、临淄郎家庄东周墓等都有出土[39]。

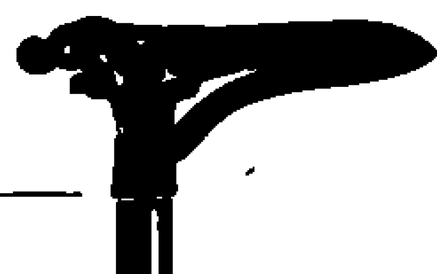
目前学术界对金箔存在一些不同看法。有人认为今日所见先秦金箔皆较厚，只宜称为金片，而不得称为金箔，并认为今所谓贴金工艺，实际上是贴金片工艺。此说有一定道理，但未必十分全面。今人生产的金箔厚度仅为 0.000123 毫米[70]，而殷墟金箔厚 0.01 毫米[71]、随县曾侯乙墓金箔厚 0.037 毫米[72]、临淄郎家庄东周墓“金箔”厚 0.04 毫米[39]，相差 80～325 倍。任何事物都有一个发展过程，金箔技术也不能例外。金箔，原是金薄、薄金之意，而厚与薄的技术标准，是随着时代的发展、加工技术的进步而有所变化的。所以我们认为，此厚度为 0.01～0.04 毫米的先秦黄金薄片，称之为金片，或早期金箔、金箔都是可以的①。自然，不管是贴金箔，还是贴金片，都可称为贴金工艺。

（三）镶嵌。又包括镶绿松石、镶蚌壳、填漆等。

镶嵌绿松石。此技术约始见于大甸子夏家店下层文化。大甸子墓中“多次见到漆膜碎屑或红色涂料碎屑……其间所见松石片皆拼摆呈平面，蚌、螺片都是修整成长条形，拼摆在松石片之间，这些都是一面磨光，另一粗糙面贴附黑色胶结

---

① 金箔技术的发展主要与两方面因素有关：（1）加工技术。其中最为重要的是加工过程中防粘间隔物的选用和退火技术；此“间隔物”后世又谓之匮纸、乌金纸；退火则是为了再结晶和消除加工应力。虽黄金的再结晶温度较低，但实际加工过程中都要退火的。（2）社会对金箔的需要。由于技术条件的限制，先秦金箔是很难制得太薄的。

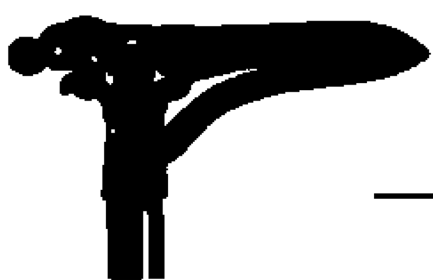


物质或红色涂料，或漆膜。表明这些松石、蚌、螺片是附在已朽坏器物上的镶嵌物。可能墓中原来有镶嵌松石、螺甸的小型漆木器。”其年代约相当于夏末商初[4]。商代中期，藁城台西村[6][7][8]等地都出土有镶嵌绿松石的漆器，西周之后有所减少，但琉璃河漆觚上[26][27]仍可看到。前面谈到，漆器镶玉工艺在余杭县瑶山良渚文化遗址中便已出现[73]。在技术上，它们应当是相通的。

螺钿。这是一种把钿螺镶嵌于漆器表面以作装饰的工艺。黄成《髹饰录》“填嵌”第七云:“螺钿，一名甸嵌，一名陷蚌，一名坎螺，即螺填也。”[74]可见，所谓螺钿，即陷蚌、填螺之意。其镶嵌用料总名为钿螺，其实包括“钿螺、老蚌、车螯、玉珧之类，有片有沙。”[74]不管此蚌、此螺是何形态，大体皆可称之为螺钿工艺。从考古资料看，这种蚌壳则有蚌泡和蚌片两种。前者显得较为原始，西周时期使用较多，后世则明显减少；镶蚌片工艺则沿用时间较长，工艺上亦较精到。今俗之谓，以及黄成在《髹饰录》中所说的螺钿工艺，皆主要指镶蚌片言。我们认为，镶蚌泡可视为螺钿的特殊形态或早期形态。学术界对螺钿工艺的含义，一直存在不同看法。有学者将镶嵌蚌泡和镶嵌蚌片都列入了螺钿的范围[75][5]，有学者则认为只有镶嵌蚌片才能叫螺钿，镶蚌泡是不宜称为螺钿的[76][77]。我们倾向于前一说法，这不但与《髹饰录》所云相符，而且与螺、钿二字的本义相符。螺即硬壳上有旋纹的软体动物的总称，在“螺钿”一词中，亦无泡与片之分。钿，原是金花意，多指妇人首饰。白居易《长庆集》卷一二“长恨歌”:“花钿委地无人收，翠翘金雀玉搔头。”故“螺钿”的本义便是以螺作花样装饰，亦无泡与片之分。镶泡与镶片，其区别主要是年代早晚不同，技术高下不同，操作方式有差别，本质上应是一样的。在北京琉璃河、长安张家坡等地出土的西周漆器上，都同时镶嵌了蚌泡和蚌片，我们可将之视为同一工艺下的两种操作，而无需将之归入两项工艺。

镶嵌蚌泡。做法是将蚌磨成一面平整，一面圆鼓的圆泡，将平整的一面嵌入漆器表面，圆鼓面向外[76]。约始见于大甸子夏家店下层文化[4]，多见于西周时期，多施于漆豆表面[76]。陕县上村岭1704号墓出土有镶蚌泡漆豆[22]；洛阳庞家沟西周墓出土一件朱、墨两色漆的豆盘，盘和柄上面镶嵌两排蚌泡，分别与上下两道平行弦纹组成装饰纹带[23][78]。长安普渡村1号墓葬出土有镶蚌泡漆器，其工艺是：蚌泡平行地排列在所饰物口部的边缘，各蚌泡间距约3.5厘米，紧切蚌泡上下处，各有一道平行的红色漆皮，宽约0.3厘米，这红色漆带和蚌泡形成规则的几何图案，属西周初期[79]。这种镶蚌泡漆器的特点是：质地较厚，蚌呈泡形，鼓面凸出。长安张家坡西周墓漆器既镶嵌有蚌泡，也镶嵌有蚌片，如一件漆豆，其盘周壁镶蚌泡8枚，泡上以红彩画圈，豆柄中部镶2枚菱形蚌片和4枚圆形小蚌泡，小泡上也涂红彩[25]。

镶嵌蚌片。做法是将事先磨制好了的蚌片嵌入漆面以构成一定图案[76]。据黄成《髹饰录》所云，此又可分为三种，即：（1）镶蚌间填漆。即以蚌饰嵌入漆面作主题花纹，花纹间的漆地填漆，做锦纹。（2）填漆间螺钿。即以填漆作主题花纹，以螺蚌饰做陪衬。（3）填漆加甸。以嵌蚌片作为花纹图案的一部分，与填漆共同组成图案[80][76]。从现有资料看，镶蚌片的工艺始见于商代晚期，山东滕州市



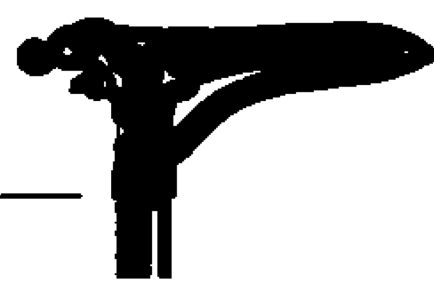
前掌大商代晚期墓有的漆器表面便镶以蚌片，构成兽面纹[81]。益都苏埠屯商代晚期墓葬出土有虎纹和兽面纹漆器，其图案均用加工成浑圆形、条形的龟甲、蚌片镶嵌而成，龟甲和蚌片皆较厚，表面凸出[15]。西周之后螺钿工艺明显增多，长安张家坡[25]、浚县辛村[21]、北京房山琉璃河[26][27]等西周墓葬都有出土。依照黄成《髹饰录》的说法，此蚌片需进行加工，如：（1）磨成薄片；（2）加工成各种不同形状以构成图纹；（3）可刻纹饰[74][76]，使螺钿器变得五光十色。

琉璃河遗址出土的漆罍、漆觚、漆豆，三器上都有嵌饰。前二者皆系朱漆地，褐漆花纹，漆豆则是褐地朱彩。豆盘上用蚌泡和蚌片镶嵌，与上下的朱色弦纹组成装饰纹带；豆柄用蚌片嵌出眉、目、鼻等部分，与朱漆纹样组成饕餮纹图案。觚则是镶嵌绿松石，并贴金箔三圈。其中琉璃河墓 M1043 所出漆罍的螺钿技术已具有相当高的工艺水平，其盖、肩、上腹部，都用蚌片镶成圆涡纹，颈部由蚌片和漆绘组成凤鸟纹带，下腹用蚌片和漆绘组成兽面纹。蚌片表面光滑平整，边缘整齐，蚌片间衔接严密。此外，其器耳部分由蚌片和漆绘成两只带冠凤鸟，鸟喙朝外而构成扉棱[26][27][76]。辛村一件残漆器片上，用磨制的小蚌片镶成圆形、角云形图案[21]。

我国很早就有了以蚌片作装饰的记载。《诗·小雅·瞻彼洛矣》:“鞞琫有珌。”郑氏笺:“鞞，容刀鞞也。琫，上饰；珌，下饰也。”“天子玉琫而珧珌，诸侯璗琫而璆珌。”此“珧”便是小蚌。《尔雅·释鱼》:“蜃小者珧。”郭璞注:“珧，玉珧，即小蚌。”由这段记载看，人们用小蚌作饰也是肯定了的，而且，并不能排除此器为螺钿器的可能性。

填漆。这是用填漆方式来显示花纹的工艺。填漆前需在器表先做出阴纹，其做法有二：（1）先堆后填法。先在漆（胎）地上用干漆堆起阳文轮廓，轮廓内便成了阴纹。阴纹内再填色漆，阴纹外则需用漆填平。（2）先刻后填法。用镂刻方式在漆地上做出阴纹，阴纹内再用色漆填平[82]。黄成《髹饰录》“填嵌”第七云：“填漆，即填彩漆也。磨显其文，有干色，有湿色，妍媚光滑。又有镂嵌者，其地锦绫细文者愈美艳。”杨明注:“磨显填漆，麭前设文；镂嵌填漆，麭后设文。湿色重晕者为妙。”黄成和杨明也都谈到了两种填漆法，此“麭前设文”的磨显填漆法，当即是先堆后填法；此“麭后设文”的镂嵌填漆，当即是先刻后填法[82]。填漆工艺始见于商代晚期，罗山天湖商代晚期墓出土 8 件青铜鼎和 1 件青铜卣，其饕餮纹、云雷纹等的阴线内填有黑漆，使青铜纹饰更为醒目[20]。春秋战国时期，镂刻填漆工艺在楚国漆器上经常看到，淅川下寺春秋 7 号墓出土的鬻鼎的鼎耳花间便填有黑漆[83]。

（四）釦器。釦器即是器口上镶嵌了金属（主要是金、银、铜）的漆器。《说文解字》:“釦，金饰器口。”此“金”指金属，主要指金、银、铜。此“口”常指上口，但也包括下口（即底圈）。器口饰金，主要是为了弥补卷木胎漆器不太坚牢而发明出来的。至迟见于战国时期，北京永定门外出有圆漆盒错金银铜釦[42]。1955 年，成都羊子山 172 号墓出土釦器 9 件，其中有圆漆盒 2 件，皆为铜釦；1 件圆漆盒的铜口和圈足还有精美的银错花纹。又有漆奁 2 件，其中 1 件为釦器。又有方釦漆容器 2 件，圆釦漆容器 2 件，大方釦漆器 2 件[38]。江陵凤凰山 70 号墓出土



1 件漆盂，箍釦为银质，镶嵌花纹，器上针刺小篆："廿六年（公元前 281 年）左工最元" 七字[84]。釦器的出现是先秦漆器技术的一大进步。

关于堆漆。此工艺的要点是在漆面上堆叠出装饰性花纹。堆叠料可用漆来调制，亦可用胶或其他物质调制。以漆调成者较为坚实，颜色较深，其他物质者较为松脆，且颜色浅淡。此 "堆漆" 上可再贴金或涂彩。有学者认为堆漆工艺始见于战国时期，荆门包山 2 号墓出土过一件凤负双连杯，竹木结合制成；杯内髹红漆，口部绘黄色二方连续钩云连纹；杯外髹黑漆地，用红、黄、金三色描绘。主凤之翅和二足凤之尾，用堆漆法浮凸出器身。并认为这是今见最早的堆漆实例[68]。但也有学者对此持有异议，可以进一步研究。

第七节　玻璃技术的发明和初步发展

陶瓷、铜铁、玻璃，是人类早期高温技术创造出来的三种重要物质，在人类社会生产、社会生活中，都起到过十分重要的作用。

玻璃是一种人工烧制、具有非晶态结构的透明、半透明物质。从现代技术观点看，它是熔融体在过冷条件下凝固，并在固态下依然保持着液态无序结构的物质。普通玻璃的基本组分是硅酸盐。一般认为，人类最早制造和使用玻璃的地方是古埃及和两河流域，大约在公元前 2500 年，他们就用玻璃制作了串珠类饰器，约在公元前 2000 年，又制作了一些简单器皿①。早期玻璃使用量是很少的，其始为有色玻璃，之后才发展到了无色的阶段。大约公元前 6 世纪时，地中海沿岸一带的玻璃生产有了较大发展，有关制品传到了世界许多地方。公元前 1 世纪时，叙利亚工匠发明了玻璃吹制技术，之后很快就为罗马人采用。吹制技术的发明，为器皿类生产开拓了广阔的道路，玻璃便从饰器发展到了日用器的阶段。

从现有资料看，我国古代玻璃技术约发明于西周至春秋早期，最早使用玻璃的地方是新疆地区，有铅钙型、钙钠镁型、钙镁钾型、钙锑镁等型。中原玻璃技术约始见于春秋晚期，有钙型 $CaO-SiO_2$、钾钙型 $K_2O-CaO-SiO_2$、钠钙型 $Na_2O-CaO-SiO_2$ 三种。至迟战国，玻璃便在中原南北许多地方使用起来，并形成了以铅钡系 $PbO-BaO-SiO_2$、高铅系 $PbO-SiO_2$ 和钾系 K_2O-SiO_2 为主的技术系统。在相当长一个时期内，我国中原玻璃主要是高铅系和高钾系，且由先秦一直延续到了明清。东汉之后虽出现过钠钙型 $Na_2O-CaO-SiO_2$，但其多数可能是外来的，其中少数产品则可能是国内偶然生产的。钠钙系玻璃的大规模生产，是清代晚期之后的事。

"玻璃" 一词大约是到了宋代才出现的，明清时期才逐渐推广并固定下来。此前，人们常把玻璃称之为 "流璃"、"琉璃"、"璧琉璃"，以及 "五色玉"、人造 "白玉"、"药玉" 等，但这些名称往往还有他指。我国玻璃技术的发明时间不算太晚，但却发展得十分缓慢。有学者认为，这便是我国科学技术在十七世纪后停滞不前的一个重要原因，认为没有玻璃，便缺少了许多科学试验的器皿[1]。此论自然是极而言之，但玻璃在

① 对古代世界玻璃的发明期和发明地，学术界往往持有不同说法。今日所用是较为流行的一种观点。

人类社会生活和科学试验中的重要地位却也是显而易见的。

采用现代科学手段来研究我国古代玻璃之事约始于20世纪30年代，1934～1936年，英国学者伯克（H. C. Beck）和赛里格曼（C. G. Seligman）较早地用化学分析和X射线分析了一批中国汉唐玻璃，发现汉代玻璃中含有20%左右的氧化铅和部分氧化钡，这在学术界产生了较大震动[2][3]。我国学者用现代科学手段研究古代玻璃之事约始于20世纪50年代时，最早的大约是袁翰青[4]，之后，张福康、史美光等许多学者都相继投入了这一工作，及至20世纪80年代，便取得了较大的进展。

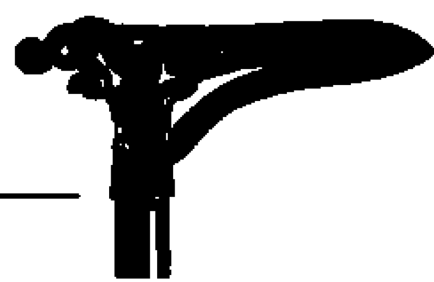
本节先谈一下中原玻璃的起源，再谈一下新疆的早期玻璃。

一、料器的发明及其对中原玻璃技术的影响

自20世纪50年代以来，西周及稍后的许多中原文化墓葬、遗址都出土过一些半透明的人工烧制物，学术界常称之为烧“料”，有关器物则称之为“料器”①，一般认为，这些西周料器即是我国古代玻璃的前身[5][6]。大家较为熟悉的，如洛阳中州路西周墓[7]、洛阳庞家沟西周早期墓[8]、陕西扶风北吕村西周早期或先周墓、扶风云塘西周晚期5座平民墓、岐山县西周早期墓[9]、陕西沣西张家坡西周墓[10]、宝鸡茹家庄西周早期墓[11]、山东曲阜鲁国故城战国墓[12]、河南陕县上村岭虢国墓群（西周晚期到春秋早期）[13][14]等处都有料器出土，其种类有料珠、料管、料片、料质项链等物。它们的基本特点是：（1）种类较少，器形较小，多为饰器。（2）数量较大，如宝鸡茹家庄強伯墓仅4件串饰及部分零散珠饰，总数便在千件以上[9]。扶风北吕500座周人墓中，有400座出土有料器，少者数件，多者数十件[5]。（3）分布地域较广，陕西、河南、山东等地都有出土。（4）使用较为普遍。如扶风北吕周人墓地为平民墓[15]，大多不见铜器陪葬，料器却见于近400座墓葬中。一般学者依此认为，这些料器应是我国生产的。尤其是強国墓所出料器中，有一种椭圆带点纹的珠形器。纹饰与同墓所出青铜器的乳钉纹造型风格十分相似，这是西周料器为我国所产的重要例证[5][9]。

1983年，张福康等人对5件出土于河南洛阳、陕西沣西的西周料珠、料管和河南淅川下寺出土的春秋中期料珠作了化学成分（表2－7－1）和X射线衍射结构分析，得知它们都是一种含有少量玻璃相的多晶石英体，多未达到玻璃态，主要成分是SiO_2，含量高达90%～94%；熔剂总量较低，主要助熔剂是K_2O，以及少量的Na_2O，主要着色剂是CuO。表2－7－1所列西周至春秋中期5件料器中，部分氧化物的平均成分分别为：CaO 0.32%、MgO 0.164%、K_2O 1.878%、Na_2O 0.68%、CuO 0.72%。人们推测，其制作工艺应是：将质地较纯的石英捣碎成2～100微米的粉末，再加入含有K_2O、Na_2O的物质作为助熔剂，加入含有CuO的物质为着色剂，经一次或多次滚沾成型后，在不太高的温度下烧结[16]。強伯墓管珠内壁有的呈弧形，可知其衬芯应是近似珠形的。有的料管内壁呈土黄色，很可能是黄土芯留下的痕迹，有的管壁上残有平行线纹等，亦应是某些衬芯留下

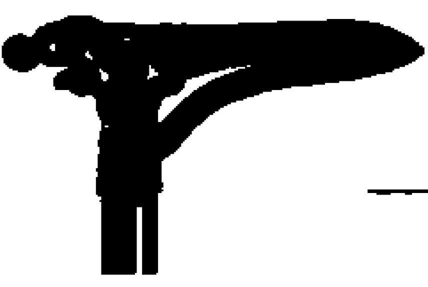
① “料器”之名至迟见于清代晚期，含义较为复杂，也用得较乱。从20世纪30年代前后至今，人们往往将早期玻璃，以及含有玻璃相的一些多晶石英体，都称之为“料”。有关情况本书第九章“玻璃”节还要谈到。



的痕迹[9]。1984 年，有学者对宝鸡強国墓、扶风北吕西周墓料珠进行过一番考察，也得到了大体一致的结论[5]，认为其主要组分是石英体，含有少量玻璃质，其既有别于普通石英珠，亦有别于真正的玻璃，却与古代埃及等地的氟昂斯（Faience）珠有些相近。料珠直到汉代还可看到，有学者分析过一件青海大通出土的东汉齿轮形料珠，器呈不透明状，外径 1.1 厘米，表面涂有绿釉；基体成分为：SiO_2 89.11%、Al_2O_3 4.81%、Fe_2O_3 1.67%、MgO 0.68%、K_2O 1.1%、Na_2O 2.07%。主要成分也是一种石英体[17]。依此，有学者又称这类料器为釉砂器。

表 2－7－1　　西周至战国料器和玻璃的成分

样号	名称	时代	成分(%)											文献
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CuO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	PbO	BaO	
G1	河南洛阳琉璃珠	西周	>90	0.3	0.2	1.6	0.4	0.3	3.4	1.2	0.03			[16]
G14	河南洛阳琉璃管珠	西周	大量		0.33	1.2	0.35	0.15	1.3	0.64		0.23		[16]
G6	沣西琉璃珠残片	西周	94	0.7	0.4	0.8	0.4	0.2	0.3	0.3				[16]
G7	淅川下寺琉璃珠珠芯(白色)	春秋中期	94.11				0.18	0.06	1.19	0.44				[16]
G7S	淅川下寺琉璃珠珠皮，绿色	春秋中期	>90				0.3	0.11	3.2	0.86		<0.01		[16]
G2	侯固堆蜻蜓眼式玻璃珠(绿色)	春秋晚期	大量		0.65		9.42	0.39	0.52	10.94				[16]
Z1	辉县吴王夫差剑剑格所嵌玻璃块	春秋晚期	（钙玻璃）											[20]
S1	江陵越王勾践剑剑格所嵌玻璃	春秋晚期	（钾钙玻璃）											[21]
H1	曾侯乙墓料珠	战国早期	高				较高		较高			很少或未见		[30]
E.C.11:240	曾侯乙墓料珠	战国早期	69.42	1.70	1.26	0.46	5.04	2.78	3.22	8.66	0.05	3.47	0.06	[28]
H7	曾侯乙墓绿色料珠	战国早期	56.1	1.37	1.02	0.37	4.07	2.24	2.60	6.99		2.80	0.05	[27]
H8	江陵九店 M286 料珠眼	战国中期	50.2	4.92	1.6		4.19	1.03		5.24			0.5	[27]
H9	江陵九店 M286 料珠外壳	战国中期	50.1	2.8	1.55		4.25	1.24		4.80			1.56	[27]
	亳县玻璃珠	战国(?)	47.15	11.18	1.05		1.20		1.39	3.36		22.46	12.12	[22]
PM3:5	平山圆柱状玻璃片饰	战国	44.28	3.37			1.04	1.24	0.24	5.846		29.38	14.72	[22]
PM6:4	平山蜻蜓眼式玻璃珠	战国	42.03	4.39	0.22		0.5			4.02		29.47	17.85	[22]
GSH:203	平山棱柱状玻璃饰	战国	29.13				0.55			3.67		48.77	18.06	[22]
GSH:202	平山圆弧状玻璃饰	战国	48.81	1.72	2.33		5.17	1.33	3.26	3.41		16.65	16.14	[22]
GSH:199	平山蜻蜓眼式玻璃珠	战国	65.24	2.92	0.82	1.79	4.29	2.57	5.13	15.46				[22]
G4B	郑州二里岗陶胎蜻蜓眼	战国			5.29		6.83	1.12	2.04	0.79	0.095			[16]
G4D	二里岗陶胎表面棕黑色玻璃	战国			5.59		3.33	0.5	1.42	2.7	0.03			[16]
G4G	二里岗陶胎表面绿色玻璃	战国			0.5	1.0	2.4	0.44	1.11	4.0				[16]



（续表）

样号	名　称	时代	成　分（%）											文献
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CuO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	PbO	BaO	
G8	寿县玻璃璧	战国	32.26									41.14	13.57	[16]
	表面风化层	战国		0.09	0.26	0.52	0.04	0.39	0.07			55.72	0.33	
G12	长沙墓蓝色玻璃珠	战国			1.4	0.3	0.6	0.2	15.1	0.8	1.4	0.6		[16]
G13	长沙墓白玻璃片	战国	39.0	0.9	0.2	0.02	0.73	0.14	0.09	6.4		28.3	大量	[16]
R1	浓绿玻璃	战国	36.0	0.2	0.2	0.84	0.01	0.08	0.17	1.96		48.5	13.0	[58]
Yan1	洛阳料珠（玻璃）	战国	44.46	1.33	1.33		4.49			8.38		26.51	13.29	[4] [6]
Yan2	洛阳料珠（玻璃）	战国	18.2	/			/	/	/	3.29		74.61	/	[4] [6]
GW－1	长沙乳白色雕花玻璃璧，模压	战国	37.16	0.62	0.16	0.03	1.95	0.4	0.27	3.32		39.8	13.4	[37]
GW－2	衡阳白色雕花玻璃璧，模压	战国	36.57	0.46	0.15	0.02	2.1	0.21	0.1	3.72		44.71	10.1	[37]
GW－3	长沙绿色雕花玻璃璧，模压	战国	38.3	1.67	0.22	0.73	2.75	0.41	0.34	3.07		41.53	10.4	[37]
CL1	长沙料珠	战国	43.69									25.08	5.92	[4] [6]
LL1	琉璃璧	战国	34.69	1.16	1.16		9.62	0.54		5.02		37.24	10.36	[4] [6]
Br1	璧（无色）	战国	36.8	0.28	0.14	0.02	0.46	0.15	0.16	1.87	0.003	42.6	17.4	[35]
Br2	月状琉璃器	战国	40.3	1.82	0.65	0.13	3.67	0.61	0.57	3.17		32.2	17.4	[35]
Br3	玻璃珠（黑）	战国	51.5	0.98	3.54	0.6	1.0	0.75	0.21	5.39	0.008	21.0	14.5	[35]
Br4	玻璃珠（黑）	战国	37.3	1.19	7.35	0.42	1.89	0.61	0.37	3.75	0.01	37.5	9.40	[35]
Br5	玻璃珠（黑）	战国	41.7	1.9	5.04	0.35	2.92	0.53	0.63	2.02	0.036	34.5	10.1	[35]
Br6	玻璃珠（蓝绿）	战国	41.4	0.89	0.27	2.07	1.37	0.58	0.16	5.94	0.004	37.4	9.71	[35]
	埃及深青色不透明玻璃	公元前1350年	61.7	3.2	3.2	0.32	10.05	5.14	1.58	17.63	0.47			[59]
	埃及玻璃	公元前1400年	64.06	3.35	1.71		8.56	2.37	1.25	15.47				[22]
西周和春秋中期5件料器平均成分（%）			/	/	/	/	0.326	0.164	1.878	0.688	/	/	/	

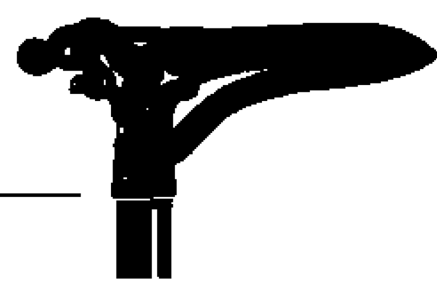
注：（1）除表中所列，部分标本尚含有其他物质，标本 G12 含氧化钴 0.04%；标本 PM6:4 含氯 1.53%；标本 GSH:202 含氯 0.45%；标本 GSH:199 含氯 0.69%；标本 R1 含 Ag_2O 为 0.05%。

（2）表中所列曾侯乙墓料珠 E. C. 11:240 成分为折算成分，原用化学分析，公布成分为：SiO_2 56.10%、Al_2O_3 1.37%、Fe_2O_3 1.02%、CuO 0.37%、CaO 4.07%、MgO 2.24%、K_2O 2.6%、Na_2O 6.99%、MnO 0.04%、PbO 2.8%、BaO 0.05%、TiO_2 0.73%、FeO 1.3%、SrO 0.04%、CO_2 0.58%、H_2O 0.58%、F 0.01%，总 80.68%。

（3）下列标本的原断代为：Br1，公元前 3 世纪；Br2、Br3、Br4、Br5，公元前 4 世纪至公元 1 世纪；Br6，公元前 5 世纪至公元 1 世纪。今参考文献［60］将之皆算作战国。

（4）安徽亳县玻璃珠原断代春秋晚期，有学者对此存在不同意见，今暂定为战国。

有学者比较强调炼铜技术和陶瓷技术对“料器”的影响，当有一定道理，但由成分上看，这种影响只是间接的、启发性的，未必存在直接的技术联系。由前可知，商、周陶瓷的 SiO_2 的平均含量，灰陶约 69% 左右，原始瓷约 75% 左右，皆较料器的为低。商、周原始瓷釉是一种石灰釉，其平均 CaO 量约为 13%，其 SiO_2 含量多在 65% 以下，也与料器存在较大差别。炉渣的含铁量一般较高，含硅量较陶瓷更低。总之，不管冶炼铜渣，还是陶瓷及其釉料，所含 SiO_2 量皆较料器为低，



而熔剂量都较之为高，故它们的操作工艺是存在较大差别的。

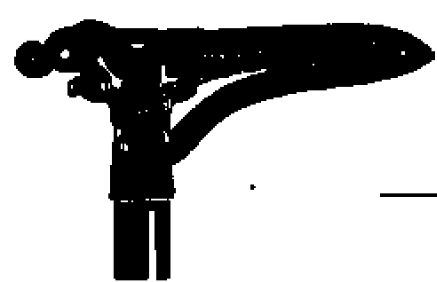
此期文献中也可看到与料器有关的记载。《穆天子传》卷四载："天子升于采石之山，于是取采石焉。天子使重䣙(雍)之民，铸以成器，于黑水之上，器服物佩好无疆。"[18]采石，文采之石。"取采石"，并"铸以成器"，很可能就是料器工艺。此"天子"指穆王，公元前976~前922年在位[19]。雍民，当即雍州之民。黑水，《禹贡》:"黑水西河惟雍州。"看来，此铸石之地当在古雍州之域。这段文字所记是穆王一行从西北大旷原返回阳纡之山途中，在重雍看到有人采石铸器，于是亦命重雍之民采石铸器于黑水之上。《穆天子传》系太康二年汲县人盗发魏襄王墓所得，有说其为战国著作，也有人认为其非先秦著作，但我以为其所反映的基本事实当属可信。这是西周料器生产的重要记载，对我们理解西周料器的原料选择和料器，及至玻璃的技术渊源都是很有帮助的。

看来，西周"料器"应当是在炼铜玻璃渣、陶瓷釉料等的启发下发明出来的，其基本原料应是某种富含 SiO_2 的石头，而不是像陶瓷器那样的低熔点粘土或瓷石。其与制陶工艺相似处是：都要进行选料和配料，并先在常温下成型，之后再在不太高的温度下烧成。与后世玻璃工艺的相似处是，"料器"中也有一部分非晶态玻璃相，部分料器很可能在半熔融状态下进行过成型加工。由这种含有晶态物质的"料器"演变为玻璃的一个关键，当是改变原料配比，调节熔剂的种类和数量，调整烧造温度。"料器"主要流行于西周至春秋时期，汉代仍可看到，之后便渐少。

二、中原玻璃的发明及其使用情况

我国中原玻璃约发明于春秋晚期，战国时代便普遍使用起来，今见于考古发掘，并作了科学考察的春秋晚期玻璃器(块)一共3枚：（1）河南固始侯古堆春秋晚期墓出土的"蜻蜓眼"式玻璃珠1枚，纵剖面呈算珠形，最大直径0.8厘米，中有一孔，孔径0.4厘米；基体玻璃呈绿色，其上又配有蓝、白两种色调；绿玻璃透明度较好，白玻璃则浑浊不清，属钠钙玻璃[16]。（2）河南辉县所出土的吴王夫差剑剑格上嵌入的玻璃块1枚，属钙玻璃[20]。（3）湖北江陵所出土的越王勾践剑剑格上嵌入的蓝色玻璃块1枚，属钾钙玻璃[21][22]。这是迄今为止中原文化区所见最早的玻璃器（块）。此外，据说安徽亳县还出土过一件铅钡琉璃珠，原定为春秋晚期玻璃；但其玻化不够彻底，其中尚含部分α-石英特征谱线，残留了部分石英颗粒[22]，而且有人说其属战国。今暂依后说，列入战国玻璃中。云南江川李家山第22号墓出土浅绿色六棱形玻璃珠1枚，曾定为钾玻璃，断代春秋晚期。这类例子可能还有一些，由于多种原因，不再列出。

战国早、中期之后，玻璃出土数量和种类都有了扩展，据20世纪80年代中期的统计[23]，春秋战国玻璃器（块）约有800多枚、北到河北易县、唐山，南到广东肇庆、福建闽侯，东到山东临淄，西到四川成都、甘肃平凉的广大地域内都有发现。器物种类有珠、管之属，璧、环之属，剑饰之属，以及棒、柱、梭形器等。其中数量最大的是珠、管类，尤其是俗谓"蜻蜓眼"的珠子。这种珠子的主要特点是器身上做出色泽鲜明的"蜻蜓眼"式花纹，其大小不等，直径多为1.0厘米左右，南、北方都有出土。山东曲阜鲁国故城战国早期第52号墓出土过9枚，战国晚期第58号墓出土过10枚；多作深蓝色，器身做出白色"蜻蜓眼"纹，有的



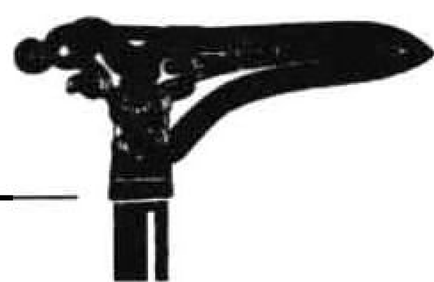
眼纹以褐色几何纹作地；最大直径2.7厘米，最小1.5厘米，器身上有一小孔[12]。湖北随县战国早期曾侯乙墓出土“蜻蜓眼”174枚，其中1枚（E.C.11：275）玻璃珠似双面人或动物之首面，每面均绘有双眼、一鼻和双颊；底色为湖蓝色，“点”为天蓝色，“点圈”为更深的湖蓝色，珠体呈半透明状，横径1.6厘米，纵径1.1厘米，中孔直径0.4厘米；珠形匀称，堪为稀世珍宝[24]。《庄子·让王》云:“今且有人于此，以随侯之珠弹千仞之雀，世必笑之。是何也？则其所用者重，而所要者轻也。”（《诸子集成》）《淮南子·览冥训》云:“隋侯之珠，和氏之璧，得之者富，失之者贫。”（《诸子集成》）可见随侯之珠美名之盛。

在数量上仅次于珠、管类的大约是璧，其多见于湖南楚墓，少数见于安徽寿县和福建闽侯。玻璃璧饰纹较为简单，只有谷纹和云纹两种。《周礼·典瑞》:“子执谷璧，男执蒲璧。”此“谷璧”即饰有谷纹的璧；“谷纹”即密集的小乳钉纹，“蒲纹”即浅浮雕六角格子纹[25]。有时在璧的内外壁加一道弦纹，有饰纹的一面常较光滑，且有光泽，另一面较为粗涩。

长沙也是出土战国玻璃较多的一个地方，1952～1994年，长沙近郊发掘2048座楚墓，出土玻璃和陶胎玻璃器达410枚。种类有：（1）璧97枚。颜色以浅绿为多，乳白和米黄色次之，深绿最少。多为圆形的扁平体，外径多为7.9～9.4厘米，厚0.25～0.35厘米，重40～60克。（2）环，18枚，形体较小。（3）珠213枚，计2型10式，直径0.6～2.6厘米，高0.3～2.1厘米。A型为扁圆形小珠，无纹样，中有穿孔，计153枚，有蓝、白二色，前者居多。B型即俗谓之“蜻蜓眼”，近于球形，外表饰有蓝白相间的圆圈形图案，蓝色在中央，器体中部有穿孔，胎体多作深褐色，较粗涩，计60枚，每枚珠上的蜻蜓眼式装饰有3～30颗不等。（4）管，计64枚，出土于同一座墓中，呈圆形管状，长短不一，中等者长度约1.4厘米，直径0.6厘米。胎体较薄，多为陶质，表面或有少量玻璃质。（5）剑首。8枚3式，甲式为谷纹饰，乙式为柿蒂纹饰，丙式为蟠螭纹饰。颜色有浅绿色、乳白色。图2－7－1所示为长沙楚墓出土的玻璃珠和玻璃管，彩版拾壹，1、2、3、4所示为长沙楚墓蜻蜓眼式玻璃珠[26]。

春秋战国玻璃的基本特点是：（1）器物种类较少，且多为小型饰件，或兵器、或漆器上的嵌入件；（2）数量较大、分布较广，使用亦较普遍。其中璧始为玉质，后又增加了玻璃质，由新石器时代晚期到汉代都曾大量使用。长沙出土玻璃璧的战国墓多为四鼎以下墓葬，七鼎的诸侯墓和五鼎的大夫墓皆无玻璃璧。说明楚国玻璃璧在湖南地区已使用到了“士”和“平民”阶层[26]。

在我国古代，生产“料器”或玻璃的目的，完全是为了仿玉，以获得一种似明非明、似浊非浊的玉质感。具有少量析晶的二相、非均相结构的烧料，正好具备了这一特点，并满足了人们的这一需要。在我国古代，不管均相的玻璃，还是非均相、并含有少量晶态的“料器”，都是一种仿玉产品。大约魏晋南北朝之后，人们才逐渐放弃了仿玉的观念，并逐步进入了均相玻璃生产的轨道。当然，这个过程也是逐渐发生、缓慢进行的。



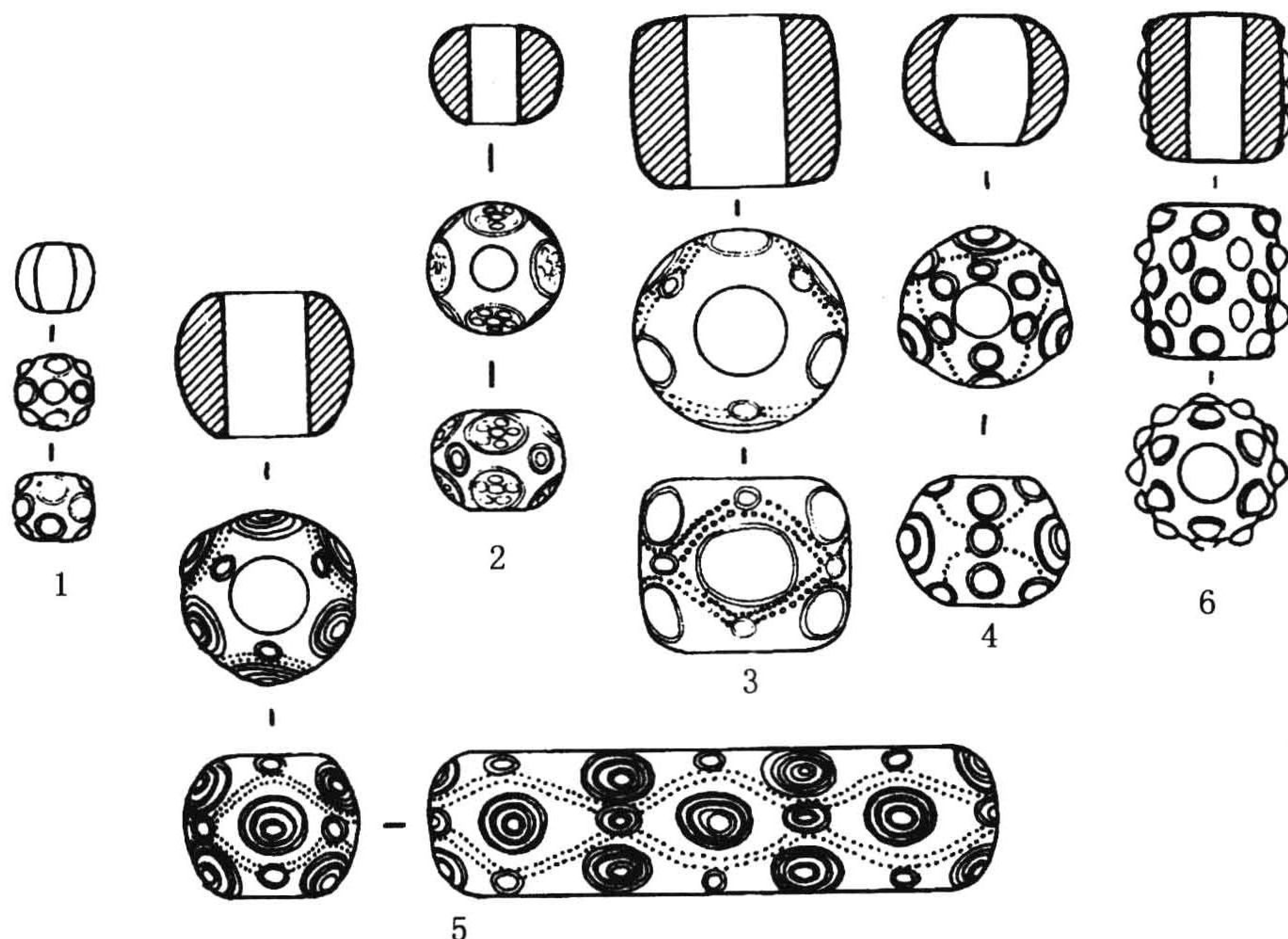


图 2－7－1　长沙楚墓所出玻璃珠

1. 丙类战国 B 型Ⅴ式珠 M1526:1　　2. 乙类四期 B 型Ⅴ式珠 M485－17:1
3. 丙类四期 B 型Ⅵ式珠 M615:7　　4. 丙类四期 B 型Ⅵ式珠 M671:4
5. 乙类四期 B 型Ⅶ式珠 M907:15　　6. 乙类战国 B 型Ⅷ式珠 M1955:5

采自《长沙楚墓》第 341 页

三、春秋战国的玻璃工艺

（一）春秋战国玻璃成分的几种基本类型

表 2－7－1 列出了 3 枚春秋晚期玻璃的分析数据，分属 3 种不同的成分类型：

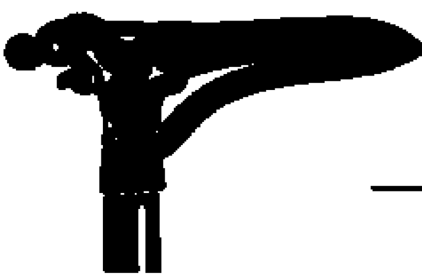
$Na_2O-CaO-SiO_2$ 型，1 枚，即侯古堆“蜻蜓眼”[16]。

$K_2O-CaO-SiO_2$ 型，1 枚，即越王勾践剑剑格嵌入物[21]。

$CaO-SiO_2$ 型，1 枚，即吴王夫差剑剑格嵌入物[20]。

表 2－7－1 还列出了其他学者分析的 31 枚战国料器、玻璃器成分，表 2－7－2、表 2－7－3 列出了我们分析的 8 枚战国同类标本的成分，其他学者用密度法测定过 4 枚曾侯乙墓蜻蜓眼式玻璃珠，这总计为 43 枚，今且将之分成 5 系 13 型作一讨论①：

① 表 2－7－1 所示为氧化物的百分比成分，表 2－7－2 和表 2－7－3 所示为“元素”的百分比成分，它们是有差别的，但对玻璃分类的影响不是太大。我们曾把后两个表中 4 件标本的“元素”百分比含量换成了氧化物百分比含量，换算后的数值为：（1）ZHYL1（6 个分析点平均值）：SiO_2 66.05%、Al_2O_3 8.14%、Fe_2O_3 2.39%、CaO 11.65%、Na_2O 2.54%、K_2O 2.01%、CuO 0.72%、Sb_2O_3 3.68%。（2）ZHYL2（2 个分析点平均值）：SiO_2 61.01%、Al_2O_3 9.07%、Fe_2O_3 2.67%、CaO 5.06%、Na_2O 1.46%、K_2O 1.96%、CuO 1.84%、Sb_2O_3 11.15%。（3）ZHYL3（3 个分析点平均值）：SiO_2 65.08%、Al_2O_3 6.13%、Fe_2O_3 3.74%、CaO 11.67%、Na_2O 4.03%、K_2O 1.79%、CuO 1.29%、Sb_2O_3 4.31%。（4）JML1（18 个分点平均值）：SiO_2 46.44%、Al_2O_3 9.92%、Fe_2O_3 11.98%、CaO 3.26%、K_2O 0.84%、PbO 15.73%、CuO 2.32%、BaO 9.51%。可知此氧化物百分比含量的排列顺序与“元素”百分比含量的排列顺序差别不是太大。



1. 钠系，3型6枚标本。

$Na_2O-CaO-SiO_2$ 型，4枚，即二里岗陶胎表面绿色玻璃G4G[16]、曾侯乙墓绿色料珠H7、江陵九店料珠眼H8、江陵九店料珠外壳H9[27]。

$Na_2O-CaO-PbO-SiO_2$ 型，1枚，即战国早期曾侯乙墓料珠E. C. 11:240[28]。

$Na_2O-K_2O-CaO-SiO_2$ 型，1枚，即平山战国蜻蜓眼式玻璃珠GSH:199[22]。

表2-7-2　　荆门战国蜻蜓眼JML1扫描电镜能谱分析[32]

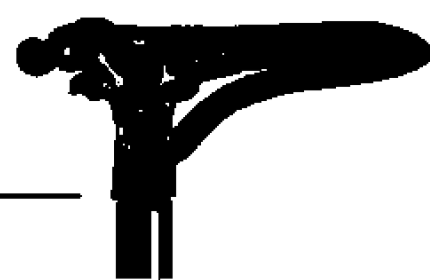
分析序号	分析部位	成分(%)							
		硅	铅	钙	钾	铁	铜	铅	钡
1	外表面，蜻蜓眼中心区，浅绿色	37.21	7.88	5.44	0.62	3.47	9.31	16.61	19.47
2	外表面，蜻蜓眼中心区，另一处	33.26	7.35	2.76	0.57	4.36	14.61	16.34	20.75
3	外表面，蜻蜓眼中心区，另一处	34.09	7.08	4.64	0.73	4.69	9.65	20.00	18.31
4	外表面，蜻蜓眼中心区，另一处	32.74	6.13	3.32	0.43	2.89	10.84	22.18	21.47
5	外表面，中心区外围，乳白色沾绿	42.76	8.09	7.09	1.24	4.28	5.34	17.49	13.72
6	外表面，中心区外围，棕黄色	22.92	11.02	1.27	0.99	45.44	0.80	7.42	10.14
7	外表面，中心区外围，乳白色	45.00	11.18	4.37	2.17	9.21	0.87	13.51	13.69
8	外表面，中心区外围，另一处	45.30	18.08	4.58	4.17	14.28	1.19	2.09	10.30
9	断口，外第1层，乳白色	36.77	6.47	2.87	0.25	4.44		33.80	15.40
10	断口，外第1层，另一处	29.36	6.47	3.51	0.52	9.58		37.53	12.76
11	断口，外第2层，棕黄色	25.27	4.47	4.04	0.52	23.46		31.87	10.18
12	断口，外第2层，另一处	23.57	5.93	3.79	0.31	39.22		18.71	8.47
13	断口，外第3层，乳白色	47.71	7.19	6.47	0.09	5.15		20.36	13.02
14	断口，外第3层，另一处	30.20	5.69	1.46	0.84	3.79		44.64	13.39
15	断口，外第4层，棕黄色	24.30	5.32	2.18	0.57	26.75		32.54	8.33
16	断口，外第4层，另一处	33.48	15.26	1.78	0.62	26.94		15.94	5.79
17	断口，外第5层，乳白色	36.13	9.33	2.63	2.66	3.63		32.91	12.72
18	断口，外第5层，另一处	35.56	6.02	7.37	2.50	4.56		30.25	13.74
平均成分(%)	诸色平均(18点)	34.20	8.27	3.87	1.1	13.12	2.92	23.01	13.43
	绿色分析点(4点)	34.33	7.11	4.04	0.59	3.85	11.1	18.78	20.0
	棕黄色分析点(5点)	25.91	8.4	2.61	0.60	32.36	0.16	21.30	8.58
	白色分析点(9点)	38.75	8.72	4.48	1.60	6.55	0.82	25.84	13.19

注：(1)荆门战国蜻蜓眼（样号JML1）承原冶金部钢铁研究总院肖鹏、李洁扫描电镜分析。

(2)绿色分析点，即蜻蜓眼外表中心区的4个点；棕黄色分析点，即蜻蜓眼表面和断口上的棕色层带；乳白色分析点，即蜻蜓眼表面和断口上的白层带。

表2-7-3　　江陵随县淅川“料器”扫描电镜能谱分析[31]

样号	分析部位及状态	成分(%)									
		硅	铝	钙	钾	钠	氯	铜	铁	硫	锑
YTSL1-1	表面，光亮平滑，墨绿欲滴	67.3	8.63	5.51	10.93				7.63		
YTSL1-2	断口，墨绿欲滴	58.09	5.91	4.81	6.86				24.33		
YTSL1-3	断口，墨绿欲滴	66.79	8.58	5.12	7.33				11.88	0.3	
YTSL2-1	表面，翠绿，粗糙，无光泽	38.49	4.07	21.48	16.75			4.79	7.00	1.49	
YTSL2-2	断口，翠绿色	41.01	6.66	19.28	13.16			4.98	6.42	1.42	
ZHYL1-1	右端，绿块，有光泽	57.63	12.25	13.60	3.13	2.72	2.78	3.23	3.84		
ZHYL1-2	往左，白色块，稍绿，有光	59.91	9.68	14.82	3.07	3.48	2.48	2.71	3.60		
ZHYL1-3	往左，棕色条	60.57	6.87	17.52	3.10	3.10	3.54	0.31	4.99		
ZHYL1-4	往左，白色块，有光泽	55.96	6.48	18.31	3.77	3.72	5.92		2.23	3.61	
ZHYL1-5	往左，棕色	48.54	6.07	12.56	2.19	3.95	3.49		1.96	3.05	18.19
ZHYL1-6	左端，棕色	51.64	5.31	13.28	2.85	4.02	3.89		2.09	1.81	15.12
ZHYL2-1	外表，绿色	45.69	6.48	11.72	1.86	3.36	2.65	3.19	2.25	2.64	19.79
ZHYL2-2	外表，绿色	47.92	6.08	12.88	3.41	0.14	3.05	1.57	5.39	3.23	16.33
ZHYL2-3	外表微区，绿色	58.98	5.83	19.72	4.03		3.30		8.15		



（续表）

样号	分析部位及状态	成分(%)									
		硅	铝	钙	钾	钠	氯	铜	铁	硫	锑
ZHYL2－4	外表微区，绿色	52.55	5.21	15.36	3.64		2.60		20.64		
ZHYL3－1	表面，蓝绿条	58.74	6.34	16.97	3.00	4.69		4.43	5.83		
ZHYL3－2	表面，棕色条	62.59	6.64	15.27	2.85	6.02		1.13	5.51		
ZHYL3－3	表面，棕色	42.98	4.44	12.57	2.13	5.35	3.15		2.70	7.31	19.37
XCL1－1	试样右端，白色，泛黄	64.08	5.37	24.91	2.02				3.62		
XCL1－2	往左，白色泛黄	65.48	6.44	19.76	2.70	2.41			3.20		
XCL1－3	往左，绿色，有光泽	58.96	6.34	19.37	2.56	1.33	1.98	2.00	5.33	2.22	
XCL1－4	往左，绿色，有光泽	57.17	8.06	20.58	2.37	2.34	2.61	0.93	4.21	1.73	
XCL1－5	往左，绿色，有光泽	56.34	4.68	20.98	2.63	1.45	3.00	3.56	5.28	2.09	
XCL1－6	往左，白色，有光泽	52.38	9.79	24.57	3.12	0.88	3.27		3.07	2.92	
XCL1－7	左端，白色，有光泽	50.88	7.11	26.19	2.55	0.77	3.28		5.79	3.42	
XCL2－1	试样右端，绿色，有光泽	63.37	5.00	18.33	2.02		3.52	4.58	3.18		
XCL2－2	往左，绿色，有光泽	64.32	3.80	19.54	1.17		2.35	5.84	2.98		
XCL2－3	往左，白色	37.23	3.43	18.80	0.85				1.71		37.97
XCL2－4	往左，白色	24.93	2.58	20.65	0.81				1.87		49.16
XCL2－5	往左，棕色	73.77	2.70	18.74	0.09		0.85		3.85		
XCL2－6	往左，棕色	73.2	4.55	15.93	0.62		1.72		3.98		
XCL2－7	往左，白色	24.97	13.51	17.01	1.14		0.58	2.72	3.81		36.25
XCL2－8	左端，白色	31.32	19.72	13.25	1.20		0.84	3.53	4.82		25.33
平均成分（%）	YTSL1（墨绿，3点）	64.06	7.71	5.15	8.37				14.61	0.1	
	YTSL2（翠绿，2点）	39.75	5.37	20.38	14.96			4.89	6.71	1.46	
	ZHYL1（6点）	55.71	7.78	15.02	3.02	3.40	3.68	1.04	3.12	1.41	5.55
	ZHYL2（2点）	46.81	6.28	5.86	2.64	1.75	2.85	2.38	3.82	2.935	18.06
	ZHYL3（3点）	54.77	5.81	14.94	2.66	5.35	1.05	1.85	4.68	2.44	6.46
	XCL1（7点）	57.89	6.83	22.34	2.57	1.31	2.02	0.93	4.38	1.77	
	XCL2（8点）	49.14	6.91	17.78	0.98		1.23	2.08	3.28		18.59
	绿色分析点（12点）	54.13	6.62	16.40	4.59	1.63	2.03	3.84	4.61	1.24	3.01
	白色分析点（9点）	45.25	8.27	20.38	2.02	0.86	1.54	0.69	3.35	1.11	16.52
	棕色分析点（7点）	59.04	5.23	15.12	1.98	3.21	2.38	0.21	3.58	1.74	7.53

注：（1）YTSL1，湖北江陵雨台山料珠残块，1986年雨台山M10出土，标本为料珠外壳的一部分，长宽厚约为3.8×3.0×1.0毫米。外表为墨绿色，光亮平滑，有如翡翠，业已烧流。

YTSL2，湖北江陵雨台山料珠残块，1986年雨台山M10出土，尺寸较YTSL1稍小，呈绿色，但无光泽，稍见粗糙，内表沾有泥土。

ZHYL1，湖北随县曾侯乙墓料珠，样长3.7毫米、宽1.9毫米。业已烧流，多色相杂，皆有光泽。

ZHYL2，湖北随县曾侯乙墓料珠，样长2.8毫米、宽1.6毫米。甚薄，呈深深的蓝绿色，光亮非常。已玻璃化，尖端处呈白色。

ZHYL3，湖北随县曾侯乙墓料珠，甚小，分为四个色区，为白、蓝（绿）、棕三色相间。

XCL1，河南淅川徐家岭战国墓“料器”，不规则残块，长6.5毫米、宽4.1毫米、厚3.5毫米，绝大部分呈深绿色，状如翡翠，有光泽，已玻璃化。标本两端皆为小块白色玻璃。

XCL2，河南淅川徐家岭战国墓“料器”。不规则块状物，较前者稍小，绿、白、棕三色相间。

（2）多个分析点成分有些异常，如分析点YTSL1－2含铁量较高、分析点XCL2－3、4、7、8等含锑量较高。待查。

（3）除表中所列，部分分析点显示了镁：ZHYL－1为0.83%、ZHYL－2为0.25%；部分分析点显示有磷：YTSL2－1为5.93%、YTSL2－2为7.06%。

（4）计算平均成分时，微区分析点ZHYL2－3、ZHYL2－4未曾统计。

（5）标本承原冶金部钢铁研究总院肖鹏、李洁扫描电镜能谱分析。

2. 钾系，2型7枚标本。

K_2O-SiO_2 型，5枚，即长沙战国楚墓出土的蓝色玻璃珠1枚（G12）[16]。1986年时有学者用密度测定法分析过多枚曾侯乙墓蜻蜓眼式玻璃珠，有4枚定成了钾玻璃[29]。

$K_2O-CaO-SiO_2$ 型，2枚，包括战国早期曾侯乙墓蜻蜓眼式玻璃珠 H1[30]、雨台山料器 YTSL1[31]。

3. 钙系，4型8枚标本。

$CaO-Na_2O-SiO_2$ 型，1枚，即二里岗战国陶胎表面棕黑色玻璃 G4D[16]。

$CaO-K_2O-SiO_2$ 型，4枚，即二里岗战国陶胎蜻蜓眼 G4B[16]、雨台山料器 YTSL2[31]、淅川料器 XCL1、XCL2[31]。

$CaO-K_2O-Na_2O-SiO_2$ 型，1枚，即曾侯乙墓料器 ZHYL2[32]。

$CaO-Na_2O-K_2O-SiO_2$ 型，2枚，即曾侯乙墓料器 ZHYL1[32]、曾侯乙墓料器 ZHYL3[32]。

4. 铅钡系，3型21枚标本。

$PbO-BaO-SiO_2$ 型，6枚，即标本 G8、G13、R1、CL1、Br1、荆门料器 JML1[32]。

在此值得注意的是寿县战国玻璃璧 G8，其 PbO、BaO 含量分别为：41.14%和13.57%，而其表面风化层（G8W）的 PbO、BaO 分别为55.72%和0.33%，属 $PbO-SiO_2$ 型。其中的 BaO 可能大部流失，从而使含铅量提高。以往以为铅是易于流失的元素，看来并非任何情况下都是如此①。

$PbO-BaO-Na_2O-SiO_2$ 型，12枚，即亳县玻璃珠、标本 PM3:5、PM6:4、GSH:203、Yan1、GW-1、GW-2、GW-3、Br2、Br3、Br4、Br6。

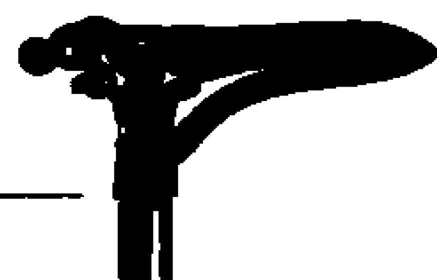
$PbO-BaO-CaO-SiO_2$ 型，3枚，即标本 Br5、GSH:202、LL1。

5. 铅系，1型1枚标本。

$PbO-Na_2O-SiO_2$ 型，1枚，即洛阳战国料珠 Yan2 等。含 PbO 量高达74.61%[4]。

由之可见：（1）中原文化区最早的玻璃属春秋晚期，有钠钙型、钾钙型、钙型3种。（2）由春秋晚期到战国早期，是中原地区玻璃技术的萌芽期、探索期，成分波动较大。战国早期又出现了钾系、钙系等。（3）战国玻璃计5系14型，其中占主导地位的是铅钡系，这是战国玻璃的一个重要特点，其有3型，计21枚，占此期标本总数的48.84%。（4）铅钡系、铅系、钾系玻璃，都是我国古代独具特色的玻璃系。后二者在先秦时期用得不是太多，汉后便有了发展，并逐渐稳定下来，一直沿用到了明清，成了我国古代玻璃的基本体系之一。从现代技术可知，PbO 和 BaO 都能有效地降低玻璃的熔化温度，使玻璃不易析晶，且具有较好的粘

① 一般认为，铅是易于流失的元素，但从大量青铜器表面分析，以及此玻璃成分分析来看，氧化了的铅并未大量流失，而是大量附集到了氧化层中。看来，铅元素的迁移应分两步，氧化了的铅先是迁移到氧化层中，之后再随着氧化物的溶解和氧化层的脱落而流失，并非一旦氧化便流失了。在我分析过的铜镜及其他青铜器中，表面腐蚀层中的含铅量一般都较基体为高，很少看到低于基体的情况，此寿县战国玻璃 G8 与之甚是相似。请参考拙著《中国古代金属冶炼和加工工程技术史》第六章第六节。



度。这自然是人们在生产实践中总结出来的。

从现有资料看，古代世界的埃及、两河流域、地中海沿岸及其邻近地区，在漫长的历史时期内生产的主要是钠钙玻璃（表2－7－1）。铅玻璃虽在古代东、西方的许多地方都有生产，但不太连续。我国古代铅玻璃则不但含铅量稍高，而且连续发展。在西方，含钡较高的玻璃是到了公元19世纪才出现的，其目的是为了制作光学玻璃。钾玻璃在古代西方很少看到，而我国在汉代之后，广东、广西一带都有较大发展。有人分析过7件广西汉代玻璃器，其中5件为钾玻璃，K_2O 量介于11%～16%之间[33]。依照传统的说法，玻璃是由石英砂加入熔剂、稳定剂、着色剂后烧熔，快速冷却而成的，此熔剂可以是自然纯碱（Na_2CO_3）、硝石（KNO_3）和铅丹（PbO），稳定剂可以是石灰石，着色剂可以是富含 Fe_2O_3 或 CuO 或 CoO 的粘土类。上述5系13型料器、玻璃的主要差别之一是熔剂不同，钠钙玻璃大凡主要以自然纯碱为助熔剂，铅钡玻璃则主要是以氧化铅、氧化钡一类矿物为助熔剂的，氧化铅和氧化钡在铅钡玻璃中实际上也是玻璃的重要组分。钾玻璃的主要熔剂则可能是硝石（KNO_3）[34]。以往有学者认为可能是草木灰（K_2CO_3），但草木灰中通常都含有大量的 CaO 和 MgO，其数量约为 K_2O 的1～4倍，而今在钾玻璃中所见钾、钙、镁的成分比，却与此相差甚远。故赵匡华认为，说我国古代钾玻璃以草木灰为助熔剂是难以令人置信的[34]。玻璃而具有玉质感，主要是物相不均之故，或其液相中存有一定量的未熔固体颗粒，或产生了二液分相，或产生了一些细小气泡。侯固堆春秋晚期蜻蜓眼中含有少量 As 和 Sb 的氧化物的固体颗粒，那是一种乳浊剂[16]。氧化钡一方面可以助熔，另一方面还能产生一定的混浊度，使玻璃获得一种玉质感[35]。

（二）关于着色剂的分析

承有关文物考古单位的帮助，我们对湖北荆门罗坡岗[31][32]、江陵雨台山、随县曾侯乙墓、淅川徐家岭出土的8件战国料器进行了扫描电镜能谱分析，目的是了解早期玻璃及蜻蜓眼式料珠的着色剂。可惜未曾进行物质结构分析。此研究是与后德俊共同进行的。“蜻蜓眼”通常只有3种颜色。有的标本已经烧流。表2－7－2、表2－7－3所示为其扫描电镜能谱分析结果。由之可见：

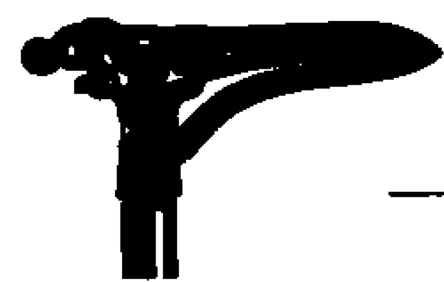
1. 其棕色、黄色，主要是以铁或锑着色的；墨绿色亦以铁着色。

荆门“蜻蜓眼”式料珠表面和断口上的棕黄色层分析了5点，含铁量波动范围是23.46%～45.44%，平均32.36%。曾侯乙墓料器、淅川料器7个棕色分析点平均含铁量为3.58%；雨台山墨绿色标本3个分析点，含铁量波动范围是7.63%～24.33%，平均含铁量为14.61%。曾侯乙墓料器有的含锑较高，其黄色、绿色都受到过锑氧化物的影响。

多件标本虽皆以铁着色，但含铁量、铁氧化物的形态，其他氧化物的数量和存在形式，以及色层的厚度等，都会对这些标本的色态产生不同的影响。

如制陶节所云，以铁着色之事在我国约可上推到旧石器时代晚期，当时主要是以之作为一种颜料；新石器时代后便多了起来，大家较为熟悉的便是彩陶中的红彩。

2. 绿色是以铜着色的。荆门蜻蜓眼表面中心区的4个绿色分析点平均含铜量



为11.1%，雨台山、曾侯乙墓、淅川3地料器12个绿色分析点平均含铜量为3.84%。

3. 曾侯乙、淅川料器分析中都显示了较高的锑，使锑在作为着色元素的同时，还成了料器的重要组成部分。但在玻璃成分分类时，还是将其视为着色元素，因其多见于显色部分。

料器采用铜着色剂的年代至迟可上推到西周时期。1983年，张福康在分析古代料器时，其中河南洛阳西周琉璃珠、琉璃珠管、陕西沣西西周琉璃珠，皆呈浅绿色和淡绿色，其着色剂都是铜，三器的CuO量分别为1.6%、1.2%、0.8%[16]。铜的着色能力是较强的，这是今日所见年代较早的铜着色实例，其原料可能是氧化铜矿。在用铜着色上，西周料器与战国料器的不同处是：（1）前者把铜渗到了整个料器中，后者则基本上都是用来点饰“眼珠”的，目的十分明确，操作技术也更高。（2）这几件战国料珠的含铜量都较西周的为高。

可见，今分析的几件先秦玻璃着色元素主要是铁、铜两种，此外也偶尔使用过锑。其他学者分析的长沙战国楚墓蓝色玻璃珠G12中显示了不低的锰[16]。我国唐代陶瓷釉还采用过钴着色，但在古代玻璃分析中尚未看到类似的资料。

（三）我国早期玻璃成型工艺推测

一般而言，不管是作为晶态的金属，还是非晶态的玻璃，都可在三种状态下，使用三种方式成型：

1. 浇铸。金属通常都是范铸的，玻璃则可分为有范铸造和无范铸造两种，而且都使用不少。

2. 塑性加工。对金属而言，塑性加工亦是在固态下进行的，加工温度需高于再结晶点。对玻璃而言，塑性加工则是在胶融态下进行的，此温度范围即是它的软化区间。

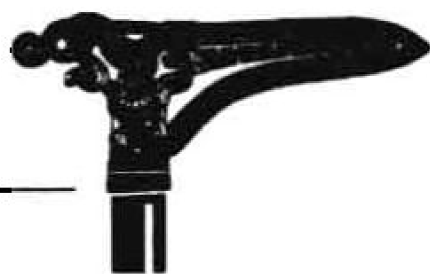
3. 冷加工。金属冷加工温度范围是低于再结晶温度的。玻璃的冷加工温度常为室温，主要指打磨、抛光等，如部分广西古代玻璃的外表、内表、底部等，都留有较深的打磨抛光的转旋细圆纹[36]。

这是晶态和非晶态物质成型加工的一般情况，具体操作则千差万别。因玻璃自身的特点，在成型加工上，也有一些不同于金属的地方。从有关研究来看，先秦玻璃成型加工主要有下列几种：

1. 范铸法。这是基本的，有时还兼有模压。经观察，侯古堆玻璃珠的孔壁表面嵌有白色和棕黑色砂粒，并嵌到了玻璃体中，这当是热铸时范芯留下的痕迹。部分玻璃体的内孔多近纺锤形，孔洞中段较宽，两端较窄，显然是范铸造成的。越王勾践剑上的玻璃含有较多气泡，有一气泡呈椭圆形，当是成型过程中经受过外力的作用，故其很可能是模压成型[30]。表2-7-1所列3件长沙、衡阳所出战国玻璃璧都是模压成型[37]。大凡一般楚墓中的玻璃璧、玻璃剑首、玻璃珥、玻璃印章，都是模压成型的[27]。

据说香港关善明还收藏过一批战国至西汉浇铸玻璃的铸范，并依此认为此期玻璃铸造主要有单面模压铸造法、双面模压铸造法、泥芯范铸法三种类型[36]。

2. 烧结法。即先将制作玻璃的原料加工成粉状，依一定规则装入模具后烧



结，令其表层玻璃化，内层则玻璃化或半玻璃化。江陵秦家嘴出土的蜻蜓眼式玻璃珠，断代战国中期或稍晚，表层玻璃化，内层为已烧结的泥芯，有学者认为，它便是使用烧结法成型的（彩版拾贰，1、2）[27]。但其操作难度可能较大。

3. 粘贴法。是将多层处于软化状态（胶融状态）的玻璃逐层粘结在一起。其中大家较为熟悉的例子是蜻蜓眼式玻璃珠。其“眼”实际上是多层彩色玻璃粘结在一起的同心圆片，它们一层一层地覆盖，皆是中间厚而四周薄。从断口上看，层与层之间的界线有的十分清楚，有的则互相渗透（图2－7－2）。有学者认为，这种玻璃珠是先作“眼”，后作珠体，再后才在热态下粘合为一的[30]。我们推测，这种粘贴法亦可使用于陶胎玻璃珠上。

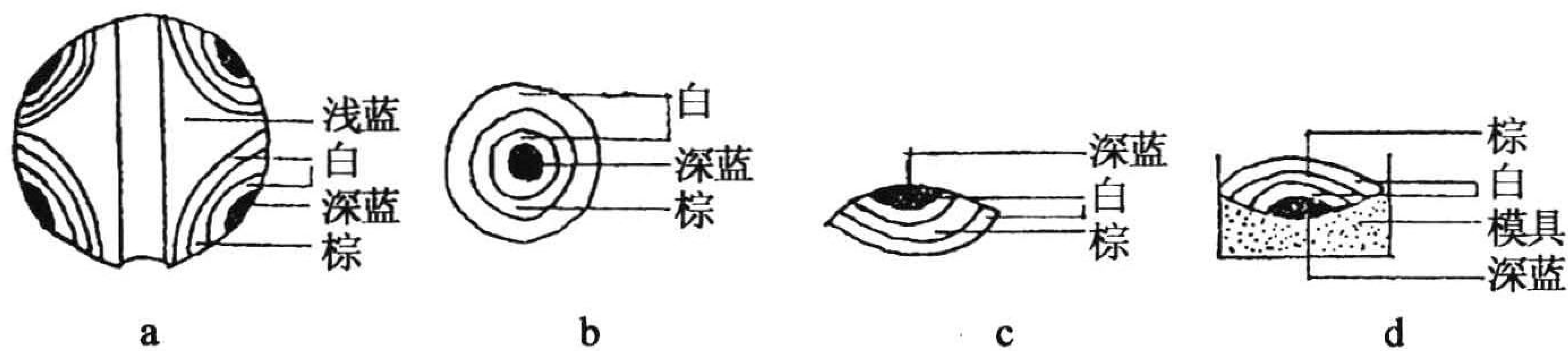


图2－7－2　“蜻蜓眼”式玻璃珠结构示意图
a. 整体形态　b. 俯视层状结构　c. 侧视层状结构　d. 着色程序
采自文献[30]

4. 点滴法。即用逐次点滴玻璃液的方式，来达到与逐层粘贴的目的。大家较为熟悉的例子便是蜻蜓眼的制作。具体操作是：先向凹形铸范内滴入一滴蓝色玻璃液，当其达胶融态后，再滴入白色或棕色的玻璃液。如此反复多次，便可制作出具有多个色层的“蜻蜓眼”来，之后再将其粘贴到珠体上[27]。

四、关于新疆的早期玻璃技术

新疆地处我国边陲，又处于中西交通要冲，故其多种手工业技术都具有鲜明的特点，玻璃技术亦然。

在现有考古资料中，新疆最早的玻璃约相当于西周至春秋时期，较为重要的遗址有：新疆拜城县克孜尔水库的青铜—早期铁器时代墓地，出土有单色玻璃珠饰[38]；轮台县群巴克墓地，相当于西周中期至春秋中期，出土有单色玻璃珠和蜻蜓眼式玻璃珠；额敏县铁厂沟相当于春秋的墓葬等都出土过一些单色玻璃珠饰[38]。尤其是克孜尔墓地，1990～1992年计清理160余座墓葬，出土不少彩陶器、铜铁器、玻璃器等，经^{14}C测定、树轮校正，并综合分析，其相对年代应与西周至春秋早期相当[39]。有关学者对其中5件玻璃珠标本进行了科学考察，从外观和偏光显微镜观察来看，标本新断面的75%以上都是玻璃相，有的标本表面和内部都有气泡，有的还有裂纹，有的亦存有少量晶态物质。外形观察和科学分析结果见表2－7－4。有关学者还对各标本进行过微区成分分析，此表未曾列出。

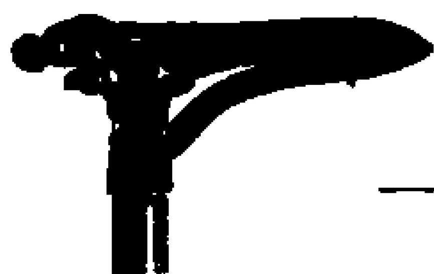


表2-7-4　　克孜尔水库玻璃珠扫描电镜能谱分析

标本编号和状态	成　分(%)											
	硅	钙	钾	钠	镁	铝	铅	钡	锆	铁	铜	锑
1. 碎块，出91BKKM21，新断面黑，部分转白，有气泡，残有少量晶体	64.9	10.1	8.13	6.03	7.18	0.39	/	0.57	/	1.62	0.16	0.30
	65.6	9.44	7.27	5.90	8.89	/	/	/	0.01	2.29	0.37	/
2. 碎块，出91BKKM21，新断面浅蓝，往外显绿褐白，气泡裂纹都少	62.7	10.6	4.68	8.07	6.35	0.46	0.4	0.81	0.01	1.54	3.14	1.2
	66.0	10.4	3.62	5.99	7.03	/	/	0.21	/	1.33	3.45	2.00
3. 碎块，出91BKKM26，新断面黄，局部白、黑、褐黄，有气泡和裂纹	58.2	10.2	4.91	5.0	7.10	0.06	10.6	0.02	0.02	0.92	0.37	2.56
	54.9	11.3	4.83	6.15	6.63	0.10	11.4	0.22	0.64	0.97	/	2.72
4. 完整，出91BKKM26，算珠状，中孔，新断面蓝，局部浅灰土状，不透	60.1	10.1	4.87	5.54	7.70	/	/	0.49	/	1.84	2.05	7.31
	59.2	11.0	4.84	5.60	6.50	/	/	0.75	0.97	1.34	2.46	7.28
5. 碎块，出91BKKM37，新断面浅蓝，裂纹少；转浅绿，裂纹、气泡多	75.2	7.01	0.58	/	7.02	/	1.58	0.71	1.61	1.56	3.5	0.91
	75.6	6.79	0.83	/	6.9	/	0.33	1.18	1.04	1.51	4.05	0.84
平　均	64.24	9.69	4.46	4.8	7.13	0.10	2.43	0.49	0.43	1.49	1.96	2.51

注：(1) 标本外观皆呈玻璃态，皆断代西周至春秋早期，采自文献［40］并略作整理。

(2) 表中每件标本都列出了两个成分数字，原报告说是两个“平均成分”，但如何平均法，其未说明。我估计是两次面扫描的成分，即每件标本都作了两次面扫描。微区分析通常是1微米范围。本人对古金属、古玻璃作扫描电镜分析时，扫描面积通常为1~2毫米范围。

(3) 表中“新断面”一词，原报告多写作“新鲜表面”。今将之改写为新断口、新断面，示其未曾研磨。

(4) “/”：未显示。

1. 此5件标本的成分大体可归为2系5型[40]：

(1) 钙系玻璃：

标本1，钙-镁-钾-钠-硅型，主要以铁作色。

标本2，钙-钠-镁-钾-硅型，主要以铜作色。

标本4，钙-锑-镁-钠-钾-硅型，主要以铜作色。

标本5，镁-钙-硅，主要以铜和铁作色。

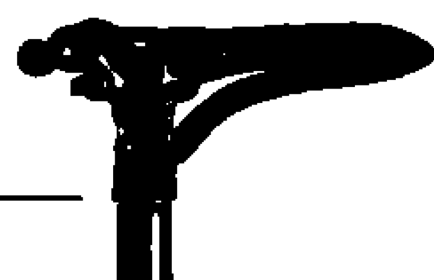
(2) 铅系玻璃：

标本3，铅-钙-镁-钠-钾-硅型，主要以锑作色①。

2. 其几种主要成分是：硅：54.9%~75.6%，平均64.24%；钙：7.79%~11.3%，平均9.69%；钾0.58%~8.13%，平均4.46%；钠0~8.07%，平均4.8%；铅0~11.4%，平均2.43%；钡0~1.18%，平均0.49%。

从分析情况看：(1) 各标本的硅镁含量比较固定。经检测，标本内未熔晶体核心的硅镁比例亦几乎不变，说明其大体使用了同一类硅镁矿物。(2) 两座墓所出3件玻璃珠内都含有锆石，其形态和成分都相近。(3) 不管微区分析，还是面扫描，5件标本皆不含或少含铝。这些情况都表明这些玻璃珠是在同一地点生产的[39]。相关矿物在新疆及克孜尔吐尔地区都可找到，而这些玻璃的成分与中东、北非早期玻璃又不同，故它应当是新疆本地的产品[39]。(4) 多数标本都含有一定量的钠，平均含钠量为4.8%，与中原玻璃的含钠量相差不大，但较埃及的低了不少。虽有学者曾用电感耦合等离子体原子发射光谱法（ICP-AES）分析克孜尔墓

① 因表2-7-4所列为元素百分比成分，故此亦以元素百分比含量来对玻璃组分进行分类。元素百分比成分与氧化物百分比成分是不同的，但对成分分类影响不是太大。故在本书第九章的表9-10-2中，采用了混合分类法。



和塔城墓早期玻璃时，显示了9% ~18%的 Na_2O 量①，但此法对于含量大于3%的元素，精度较化学分析法低[41]，故这一数据暂不采用。

新疆玻璃分析对我们了解中原古代玻璃技术的起源和发展，都是很有帮助的。

五、问题讨论

（一）关于中原玻璃技术的发明期

对我国中原玻璃技术的发明期，学术界一直存在不同的观点，归结起来主要有两种：（1）春秋以前。其中有“三代”说[42]、“西周”说[43][44]，或先周说、殷商说[9]。这些说法在1983年以前较为流行，当时西周料器尚未进行结构分析，人们对玻璃与非玻璃的区别既缺乏了解，又缺乏统一的认识，普遍地都把西周料器当成了玻璃，或者原始玻璃。直到21世纪初，依然有学者坚持这一观点[43]。（2）春秋晚期。这主要是由张福康等提出的[16]。20世纪80年代后，多数学者皆接受了这一观点，本书亦然。我们以为，西周及至春秋中期的许多料器，都是晶态与非晶态的混合体，而且往往是晶态物质较多[45]，这是不宜称为玻璃的，亦不宜称之为“早期玻璃”，它只是玻璃的前身。早期玻璃应当是以非晶态为主，只含有少量晶态物质；“成熟玻璃”或“真玻璃”则是非晶态的，或只含有微量晶态物质的。今见不少古代玻璃，可能都含有微量晶态物质，这可能是烧制过程中残留下来的，也可能是长期埋藏过程中析晶所致。玻璃是在过冷状态下得到的，处于亚稳定状态中，具有降低内能的趋势，故从热力学上看，玻璃析晶是必然的。

我们知道，玻璃是一种无定形的非晶态物质，其与晶态物质的区别，主要是物质结构形态不同，在结构分析中，非晶态，或说玻璃态物质的X射线衍射曲线是弥散、平滑的；晶态物质的X射线衍射曲线则存在十分明显的波峰。另外，他们物理性态亦不同，如晶态物质有一个固定的熔点或凝固点，稍有过冷即凝，稍有过热即熔；非晶态物质则熔化和凝固都是在一个稍宽的温度区间内进行，即从液态到固态，中间有一个软化的温度区间，晶态物质则没有这样一个区间。古埃及和两河流域都生产过一种名为“费昂斯”（Faience）的人工烧制物，基本原料是石英砂，再加少量熔剂。烧制后，石英砂表面多已熔融成了玻璃态，但内部并未完全熔化，而保留部分晶态结构。西周料器大体与这种“费昂斯”相当。晶态和非晶态，在一定条件下是可互相转化的；但有的物质很容易成为玻璃态，有的在正常条件下则很难，或几乎不可能成为玻璃态。此后一种情况可能主要与其析晶倾向较小，及其在过冷条件下依然“不析晶”有关。

（二）关于早期玻璃外来说

对于我国早期玻璃的来源，学术界一直存在两种不同观点：一种观点认为我国古代早期玻璃技术系外域传来；另一种观点认为是我国自己发明的[1][46]。

① 有学者用电感耦合等离子体原子发射光谱法（ICP-AES）和质子激发X射线荧光分析法（PIXE）分析过6件拜城（克孜尔墓）和1件塔城出土的西周~春秋玻璃，其中 SiO_2 含量为63.1% ~75.44%，平均66.92%；Na_2O 为9.08% ~18.27%，平均13.78%。后又用其他化学分析法（原报道未具体说明此法的名称）分析过5件克孜尔墓玻璃标本，其中 SiO_2 含量为：69.3% ~82.8%，平均75.55%；Na_2O 为0 ~5.86%，平均3.61%。详见文献[41]。

前说影响较大，流传甚广，国内外都有学者主张此说。国外如20世纪20年代的德国人涅曼（Nenman）[47]、俄国人华林马柯夫斯基[48]、我国学者章鸿钊等[49]；20世纪七八十年代以来，国内相当大一部分学者皆持此说。其主要依据是：（1）埃及和两河流域玻璃技术的发明期都远较我国为早，认为从较早的年代起，就有了中外技术交流的迹象。（2）认为我国今见较早的一些玻璃成分与古埃及玻璃成分（表2-7-1）相类似，属钠钙玻璃。（3）说我国古代原无“玻璃”一词，与之音义相近的“颇梨”一语大约是在《魏书·西域列传》才看到的，它与先秦文献《禹贡》所云雍州厥贡“琳琅”，屈原《离骚》所云长佩之“陆离”、汉代著作《史记·西域列传》所云罽宾产“流离”，都是一种外来语。（4）蜻蜓眼式玻璃珠（即镶嵌式玻璃珠）在世界许多地方都有发现，且在公元前1000纪的西亚较为流行。而“蜻蜓眼”式的饰纹又与我国传统饰纹的风格不一。

这些说法都有一定道理，在历史进程中，各民族间发生技术和文化上的交流是十分自然的，但若说中国古代玻璃技术源于外域，恐怕尚不能定论。今说明如下。

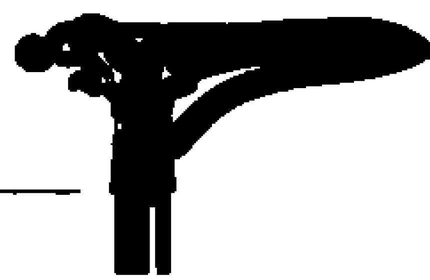
1. 外来说目前还找不到更为确切的依据。两河流域和埃及的玻璃虽发明较早，但有关传播路径、轨迹、方式，目前都不清楚，很难说我国玻璃技术与之存在承传关系。新疆是中外交流的必经地和枢纽，但从上述科学分析可知，新疆早期玻璃也是本地生产的，从玻璃成分到饰纹，都很难说其源于埃及和两河流域。

2. 语言问题较为复杂，在现有先秦单词中，还很难肯定哪个指的就是玻璃，哪个就是外来语。如：

琳、琅。其原出自《禹贡》“雍州”条：“厥贡球琳琅玕。”孔安国注：“球、琳，皆玉石。琅、玕，石而似玉。”即它们都是玉石，或似玉的石。东汉王充认为《禹贡》曰璆、琳、琅、玕都是土地所生真玉[50]。“琅玕”，晋葛璞认为它是“石似珠也”[18]。可知古人皆认为其属石，而未说属烧石，故其内容是否与玻璃有关，其语音是否外来，目前还很难肯定。

陆离。在《楚辞》各篇中曾出现过多次，如：《楚辞·离骚经》：“高余冠之岌岌兮，长余佩之陆离。”《楚辞·离骚经》：“纷总总其离合兮，班陆离其上下。”《楚辞·九歌·湘夫人》：“灵衣兮被被，玉佩兮陆离。”《楚辞·九章·惜诵》：“带长铗之陆离兮，冠切云之崔嵬。”《楚辞·远遊》①：“叛陆离其上下兮，遊惊雾之流波。”此外还有一些，不再枚举。此“陆离”，多数情况都被注释家们当成了参差、分散、文采等一类形容词[51][52]，大约只有一条，即《楚辞·九叹》的“薜荔饰而陆离焉兮”，王逸注把它当成了名词：“陆离，美玉也”。但不管是形容词，还是名词美玉，皆不能成为外来语的确凿依据。有人认为“陆离”即汉代之“流离”[53][54]。在此值得注意的是：虽“陆离”和“流离”（“琉璃”）都包含有玻璃的意思，但在相当一个时期内，其非只有一种含义，我们是很难将“陆离”、“流离”与“玻璃”等同起来的。这一点，后面都还要谈到。

① 此诗之标题使用了一个繁体字，乃不得已而为之。在“远遊”二字中，“远”字简化后，通常不会引起误解，但“遊”字简化成了“游”字后，人们就可能将之理解成到远处游泳，或长距离游泳了。



3. 关于成分。在今见3件中原早期玻璃中，只有1件，即侯古堆蜻蜓眼式玻璃珠与古埃及的较为接近，但这1件也不能肯定其来自外域，因由西周至战国时期，我国都存在以钠、钙作为料器熔剂的情况。其他2件，即吴王夫差剑之剑格嵌入物、越王勾践剑之剑格嵌入物，与古埃及玻璃皆非一个成分体系，不存在外来的问题。

由现有分析资料看，虽西周至春秋中期，料器中的熔剂总量和钠、钙量都较低，但战国早期时，料器中的熔剂总量和钠、钙量都明显增加，而且生产过一些钠、钙量稍高的料珠。如曾侯乙墓料珠 E. C. 11:240[28]，以及 H7[27]，大体上都可归为钠、钙型，前者的成分为：CaO 5.04%、MgO 2.78%、K_2O 3.22%、Na_2O 8.66%、PbO 3.47%。经X射线衍射结构分析，此器多为玻璃态，只是“偶尔可见结晶态”，衍射曲线上只有4个小峰，其I值分别为2、3、1，对应的d值分别为3.34 Å、2.01 Å、2.97 Å、1.82 Å[28]。与玻璃只有一步之遥，若将成分稍加调整，便可成为完全的玻璃态。又如曾乙侯墓料器 ZHYL3（表2-7-3），平均成分为：CaO 14.94%、Na_2O 5.35%。钙、钠量亦不低，应属于钙钠系。此器因未作物质结构分析，仍暂名为料器，若属玻璃态的话，便大体属于钙钠玻璃了。此外，江陵九店料珠眼 H8、江陵九店料珠外壳 H9[27]，大体上都可视为钠钙型玻璃。所以由这些情况看，战国早期生产出含钠、钙稍高的玻璃是完全可能的，如此，便不能排除春秋晚期生产出侯古堆钠钙玻璃的可能性。

另外，表2-7-1所列钠钙玻璃、料器中，其钠、钙量大体上有三个等级：古埃及两件标本的钠、钙量最高，分别为：16.47%～17.62%、8.51%～10.05%。侯古堆蜻蜓眼式玻璃珠钠、钙量次之，分别为：10.94%、9.47%。曾侯乙墓料珠 E. C. 11:240 的钠、钙量最低，分别为8.66%、5.04%。曾侯乙墓绿色料珠 H7、江陵九店标本 H8、H9 的更低，分别为4.8%～6.99%、4.07%～4.25%。我们很难由此便肯定：侯古堆玻璃与古埃及玻璃同属一个技术体系，也很难肯定曾侯乙墓两件标本、江陵九店 M286 两件标本亦与之同属于一个体系。

所以，虽侯古堆玻璃、曾侯乙墓料器、江陵九店料器含钠、钙量稍高，但并无来自外域的确凿依据。

4. 关于外形。虽蜻蜓眼式玻璃珠在中国和外国都可看到，而且外国的蜻蜓眼式（镶嵌式）玻璃珠可能较中国为早，但也不能肯定中国玻璃技术必定是源于外域，也不能排除中国只是仿制了蜻蜓眼式玻璃珠的纹饰，而玻璃这种材料本身依然是本国发明的可能性。

我们认为，许多迹象表明，不管西周料器，还是春秋战国时代的料器、玻璃器，多数都应当是我国自己制造的。这有几点理由：（1）其分布较广、数量较大。（2）许多料器、玻璃上皆沾有不洁之物，在当时情况下完全依靠进口，是难以想象的。（3）曾侯乙墓中，与料珠、玻璃珠伴出的还有38枚陶珠，它们皆为饰器，有的陶珠已经瓷化；显然它们都是本地所产的[30]。（4）如前所云，曾侯乙墓也出土过多色“蜻蜓眼式”玻璃珠。《论衡·率性篇》云：“随侯以药作珠，精耀如真。”说明随侯制作过料珠和玻璃珠，其中的“药”当即是钾盐、钠盐等各种不同的熔剂。这也是我国古代制作玻璃的较早记载。于是，考古实物与文献记载互相

作了印证。

所以，我国玻璃技术是否源于西亚或古埃及，还有待进一步证实。从现有资料看，中原早期玻璃的技术渊源，应是西周料器。有关考古工作者认为，埃及和西亚玻璃约公元前800～前500年便传入了新疆[55]，这是可能的；但表2－7－4所列新疆玻璃珠却应当是本地所产的。春秋战国“蜻蜓眼式”玻璃珠的纹饰受到过外来因素的影响也是可能的，但这与玻璃技术本身源于西方是不同的。

（三）结语

1. 新疆玻璃技术约发明于西周至春秋早期，中原玻璃技术约发明于春秋晚期。它是在炉渣技术、陶瓷技术的启示下，在料器技术的基础上发展、演变而来。

2. 由西周到春秋晚期，我国古代玻璃应有多个成分类型。在新疆地区，有铅钙型、钙钠型等2系5型；在中原则有钠钙玻璃、钾钙玻璃和钾玻璃；由春秋晚期到战国早期，我国古代玻璃系仍处在探索之中，当时的玻璃系还是较为淆杂的；独具特色，且受世人关注的铅钡玻璃、高铅玻璃、钾玻璃，都是战国时代才稳定下来的。

3. 在我国古代玻璃发展过程中，曾受到过外来影响是可能的。如春秋战国时代的“蜻蜓眼”，当多数是利用本国技术，自己生产，纹饰等则有可能受到过外域的影响。但若说中原最早的玻璃器（片），最早的玻璃技术皆源于外域，目前尚缺乏有力的证据[56][57]。



参 考 文 献

第一节 采矿技术的初步发展

［1］刘起釪：《古史续辨》第142页、145页，中国社会科学出版社，1991年。

［2］今一般认为，可能在夏代以前便有了准国家的形式。参见许顺湛：《夏代前有个联邦制王朝》，《中原文物》1995年第2期；张忠培：《良渚文化的年代和其所处社会阶段——五千年前中国进入文明的一个例证》，《文物》1995年第5期。

［3］夏商周断代工程专家组：《夏商周断代工程1996～2000年阶段成果报告》（简本），世界图书出版公司，2001年。

［4］安金槐等早就提出了河南龙山文化晚期属于夏代早期，登封王城岗古城可能与“禹都阳城”有关的论点。见河南省博物馆登封工作站：《一九七七年上半年告成遗址的调查发掘》，《河南文博通讯》1978年第4期；安金槐：《豫剧西夏文化初探》，《河南文博通讯》1978年第2期。

［5］河南省文物研究所等：《登封王城岗与阳城》，文物出版社，1992年。

［6］杨育彬：《^{14}C年代框架与三代考古学文化分期》，《中原文物》2001年第1期。杨育彬：《夏商周断代工程与夏商考古》，《中原文物》2001年第2期。

［7］江林昌：《来自夏商周断代工程的报告》，《中原文物》2001年第1期。并见文献［3］。

［8］《考古》杂志编辑部整理：《中国文明起源座谈纪要》，《考古》1989年第12期，徐苹芳言。但张学海认为：文明起源的“多因素”说很难找到一个确定的标准。为此，他提出了两个新的标准：（1）典型史前聚落群“都邑聚”金字塔形等级结构的形成；（2）原始城市的产生和城乡分离的形成。并认为两者居其一就是国家（见《中国文物报》1999年9月1日第3版）。其实，此“两个因素”说也是很难找到绝对标界的，如：“城”与“城市”是何时产生并区别开来的？“城”与“乡”是何时区分开来的？目前同样无法弄得十分清楚。

［9］山东大学历史系考古专业：《山东邹平丁公遗址第四、五次发掘简报》，《考古》1993年第4期。光明等：《桓台史家遗址发掘获重大成果》，《中国文物报》1997年5月18日。逄振镐：《从图像文字到甲骨文——史前东夷文字史略》，《中原文物》2002年第2期。

［10］赵芝荃：《二里头遗址与偃师商城》，《考古与文物》1989年第2期。

［11］杨鸿勋：《初论二里头宫室的复原问题——兼论“夏后氏世室”的形制》，《建筑考古学论文集》，文物出版社，1987年。

［12］仇士华等：《有关所谓“夏文化”的碳十四年代测定的初步报告》，《考古》1983年第10期。

［13］河南省文物研究所：《郑州商城内宫殿遗址区第一次发掘报告》，《文物》1983年第4期。

［14］高炜等：《偃师商城与夏商分界》，《考古》1989年第10期。

［15］中国社会科学院考古研究所安阳工作队：《1969～1977年殷墟西区墓葬发掘报告》，《考古学报》1979年第1期。

［16］何堂坤：《盘龙城青铜器合金成分分析》，载湖北省文物考古研究所：《盘龙城（一九六三年～一九九四年考古发掘报告）》，文物出版社，2001年。

［17］李敏生：《先秦用铅的历史》，《文物》1984年第10期。中国社会科学院考古研究所：

《偃师二里头——1959年~1978年考古发掘报告》第399页，中国大百科全书出版社，1999年。

[18] 邵望平:《“禹贡”九州的考古学研究——兼说中国文明的多源性》,《九州学刊》1987年9月（总第5期)。

[19] 林西大井古铜矿原断代西周，见文献[25]，后经^{14}C测定，并树轮校正，订正为春秋初期或稍早，见文献[26]。

[20] 铜绿山考古发掘队:《湖北铜绿山春秋战国古矿井遗址发掘简报》,《文物》1975年第1期。夏鼐等:《湖北铜绿山古铜矿》,《考古学报》1982年第1期。

[21] 安徽省文物考古研究所等:《安徽铜陵市古代铜矿遗址调查》,《考古》1993年第6期。杨立新:《皖南古代铜矿初步考察与研究》,《文物研究》第3辑，1988年。杨立新等:《皖南古铜矿发掘成果令人瞩目》,《中国文物报》1988年12月23日。

[22] 李再华等:《我国矿冶考古获重大突破——瑞昌发现商周时期大型铜矿采掘遗址》,《中国文物报》1989年1月27日。李放:《瑞昌古采铜遗址前的遐想》,《中国文物报》1989年4月14日。

[23] 赵承泽等:《关于西周的一批煤玉雕刻——兼论我国开始用煤作燃料的时间》,《文物》1978年第5期。

[24] 湖南省博物馆等:《湖南麻阳战国时期古铜矿清理简报》,《考古》1985年第2期。

[25] 杜发清等:《战国以前我国有色金属矿开采概况》,《有色金属》1980年第2期。

[26] 辽宁省博物馆文物工作队:《辽宁林西大井古铜矿1976年试掘简报》,《文物资料丛刊》(7)，文物出版社，1983年。

[27] 李延祥等:《林西县大井古铜矿冶遗址冶炼技术研究》,《自然科学史研究》1990年第2期。

[28] 杨永光等:《铜绿山古铜矿开采方法研究》,《有色金属》第32卷第4期，1980年11月；第33卷第1期，1981年2月。

[29] 湖北省黄石市博物馆等:《铜绿山——中国古矿冶遗址》，文物出版社，1980年。黄石市博物馆:《铜绿山古矿冶遗址》，文物出版社，1999年。

[30] 李庆元:《铜绿山古矿冶遗址采矿技术概况》,《中国冶金史料》1987年第1期。

[31] 卢本珊:《铜绿山古代采矿工具初步研究》,《农业考古》1991年第3期。

[32] 江西省文物考古研究所等:《铜岭古铜矿遗址发现与研究》，江西科学技术出版社，1997年。按：今主要参考了该书的下列3文：(1) 卢本珊、刘诗中:《铜岭商周铜矿开采技术初步研究》;(2) 刘诗中、卢本珊:《瑞昌市铜岭铜矿遗址发掘报告》;(3) 卢本珊等:《铜岭西周溜槽选矿法模拟试验研究》。

[33] 梅建军等:《新疆奴拉赛古铜矿冶遗址冶炼技术初步研究》,《自然科学史研究》1998年第3期。

[34] 齐文涛:《概述近年来山东出土的商周青铜器》,《文物》1972年第5期。殷之彝:《山东益都苏埠屯墓地和“亚醜”铜器》,《考古学报》1977年第2期。

[35] 江鸿:《盘龙城与商朝的南土》,《文物》1976年第2期。

[36] 湖北省文物考古研究所:《盘龙城（一九六三年~一九九四年考古发掘报告)》，文物出版社，2001年。

[37] 文物编辑委员会:《文物考古工作三十年(1949~1979)》第311~312页，文物出版社，1979年。

[38] 文物编辑委员会:《文物考古工作三十年(1949~1979)》第242页，文物出版社，1979年。

[39] 江西省博物馆等:《江西清江吴城商代遗址发掘简报》,《文物》1975年第7期。

［40］夏湘蓉等:《中国古代矿业开发史》第 32 ~ 34 页，地质出版社，1986 年 6 月第二次印刷。

［41］闻广:《中国青铜时代与矿产资源》，1985 年科技史学术讨论会论文。

［42］王大道:《滇池史前考古的重要收获——大花石遗址墓地发掘硕果累累》，《中国文物报》1992 年 4 月 19 日第 1 版。

［43］云南省博物馆筹备处:《剑川海门口古文化遗址清理简报》，《考古通讯》1958 年第 6 期。王大道:《云南剑川海门口早期铜器研究》，《中国考古学会第四次年会论文集》，文物出版社，1985 年。云南省博物馆:《云南剑川海门口青铜时代早期遗址》，《考古》1995 年第 9 期。按：2006 年时，有学者撰文说整个海门口遗址年代当为春秋时期，可进一步研究。

［44］中国社会科学院考古研究实验室:《放射性碳素测定年代报告》，《考古》1978 年第 5 期。

［45］文物编辑委员会:《文物考古工作三十年（1949 ~ 1979）》第 377 页，文物出版社，1979 年。

［46］文物编辑委员会:《文物考古工作十年（1979 ~ 1989）》第 277 页，文物出版社，1990 年。

［47］云南大学历史系等:《云南冶金史》第 1 ~ 3 页，云南人民出版社，1980 年。

［48］戴望:《管子校正》卷二三校正:“上有丹沙者下有黄金，《路史》沙作矸，金作银”，“上有慈石者，望案，慈即磁的假借字”。“下有铜金，《路史》作下有赤铜青金”。“上有陵石者，《御览・地部三》引作绿石，‘珍宝部九’引作陵石。”（《诸子集成》第七册第 395 页，河北人民出版社，1986 年 4 月）

［49］周德忠等:《贵州万山汞矿床的地质特征》，《地质评论》第 18 卷第 1 期，1960 年。

［50］夏湘蓉等:《中国古代矿业开发史》第 317 ~ 330 页，地质出版社，1986 年 6 月第二次印刷。

［51］甘肃省博物馆文物工作队:《甘肃秦安大地湾第九区发掘简报》，《文物》1983 年第 11 期。

［52］二里头二期墓 M22 丹砂的见中国社会科学院考古研究所:《偃师二里头——1959 年 ~ 1978 年考古发掘报告》第 137 页，大百科全书出版社，1999 年。1967 年和 1973 年发现的丹砂皆见中国科学院考古研究所二里头工作队:《河南偃师二里头遗址三、八区发掘简报》，《考古》1975 年第 5 期。这些玉器属二里头文化三期。据当地农民说，20 世纪 50 年代以前，那一带曾多次发现玉器，其中有刀、戈、圭、琮、镶嵌绿松石的青铜容器等，出土时也都是包裹在丹砂里的。

［53］中国社会科学院考古研究所二里头队:《1980 年秋河南偃师二里头遗址发掘简报》，《考古》1983 年第 3 期。

［54］中国社会科学院考古研究所二里头工作队:《1984 年秋河南偃师二里头遗址发现的几座墓葬》，《考古》1986 年第 4 期。

［55］中国社会科学院考古研究所二里头工作队:《1987 年偃师二里头遗址墓葬发掘简报》，《考古》1992 年第 4 期。

［56］河南省博物馆等:《郑州商代城遗址发掘报告》，《文物资料丛刊》（1），1977 年。

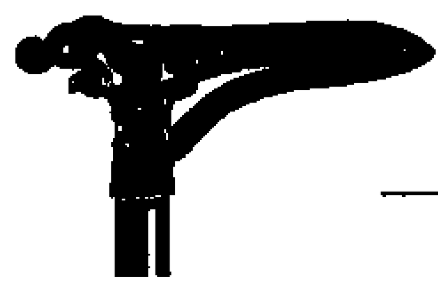
［57］河南省文物研究所:《郑州北二七路新发现三座商代墓》，《文物》1983 年第 3 期。

［58］洛阳市文物工作队:《洛阳北窑西周墓》第 369 页，文物出版社，1999 年。

［59］《吕氏春秋》卷二“仲春”高诱注。

［60］中国科学院考古研究所:《沣西发掘报告》第 127 页，文物出版社，1962 年。

［61］转引自《中国古代煤炭开发史》第 10 页，煤炭工业出版社，1986 年。



[62] 荥经古墓发掘小组:《四川荥经古城坪秦汉墓葬》,《文物资料丛刊》(4),文物出版社,1981 年。

[63] 新雨:《中国古代对煤的认识和应用》,《科技史文集》第 9 辑,上海科学技术出版社,1982 年。

[64] 孙华:《渝东史前制盐工业初探——以史前时期制盐陶器为研究角度》,《盐业史研究》2004 年第 1 期。

[65] 孙华:《四川盆地盐业起源论纲——渝东盐业考古的现状、问题与展望》,《盐业史研究——巴渝盐业专辑》2003 年第 1 期。

[66]《华阳国志》第一册,卷一"巴志"第 2 页;《华阳国志》第二册,卷三"蜀志"第 2 页、6 页、8 页;文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 223 碟。

[67] 吴天颖:《中国井盐开发史二三事——〈中国科学技术史〉补正》,《中国盐业史论丛》,中国社会科学出版社,1987 年。该文第 26 页脚注 [2] 附云:古代世界中,唯法国洛林地区于公元前 3 世纪开采了盐卤,时间与李冰相当。俄国新城地区为 11 世纪前夕,奥地利盐矿体登堡为 1123 年,波兰波波里亚岩盐为 1251 年。参见《井盐技术》1975 年第 2 期所载《国外井矿盐技术经济资料》,以及王海潜译:《苏联盐业历史简介》,载《井盐史通讯》1983 年第 1 期。

[68] 廖品龙:《试论张若在成都置盐铁市官与李冰穿广都盐井》,载自贡市盐业历史博物馆编《四川井盐史论丛》,四川社会科学出版社,1985 年。

[69] 白广美:《中国古代盐井考》,《中国盐业史论丛》,中国社会科学出版社,1987 年。

[70] 山东大学东方考古研究中心等:《山东寿光市大荒北央西周遗址的发掘》,《考古》2005 年第 12 期。王青等:《山东北部商周时期海盐生产的几个问题》,《文物》2006 年第 4 期。

[71] 山东省文物管理处等:《山东文物选集(普查部分)》,文物出版社,1959 年。

[72] 方辉:《商周时期鲁北地区海盐业的考古学研究》,《考古》2004 年第 4 期。

[73] 详见《十三经注疏·周礼正义》。

[74] 李启良:《陕西安康一里坡战国墓清理简报》,《文物》1992 年第 1 期。

[75]《学林》第八册,卷十第 22 页"卝"条,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 316 碟。

[76] 夏湘蓉等:《中国古代矿业开发史》第 25 页,地质出版社,1980 年。

[77] 崔云昊等:《"矿物"词源再考》,《中国科技史料》1993 年第 3 期。

[78] 温少峰等:《殷墟卜辞研究——科学技术篇》第 353 ~ 354 页,四川社会科学出版社,1983 年。

[79] 郭璞:《江赋》,《文选注》第六册,卷十二第 18 页,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 428 碟。

第二节 青铜技术的伟大成就和钢铁技术的兴起

[1] 中国科学院考古研究所洛阳发掘队:《河南偃师二里头遗址发掘简报》,《考古》1965 年第 5 期。

[2] 中国科学院考古研究所二里头工作队撰文,分别登载在《考古》1974 年第 4 期、1975 年第 5 期、1976 年第 4 期、1983 年第 3 期、1983 年第 3 期、1984 年第 1 期、1986 年第 4 期、1991 年第 12 期、1992 年第 4 期。

[3] 李维明:《关于夏商分界的标准及其他》,《中国文物报》2000 年 3 月 29 日第 3 版。

[4] 中国社会科学院考古研究所:《夏县东下冯》,文物出版社,1988 年。



[5] 河南省文物研究所等:《登封王城岗与阳城》，文物出版社，1992 年。

[6] 李京华:《河南冶金考古的发现与研究》，载李京华:《中原古代冶金技术研究》，中州古籍出版社，1994 年。

[7] 严文明:《论中国的铜石并用时代》，《史前研究》1984 年第 1 期。

[8] 孙淑云:《山东泗水尹家城遗址出土岳石文化铜器鉴定报告》，见北京科技大学《中国冶金史论文集》(二)，《北京科技大学学报》增刊，1994 年。

[9] 火烧沟铜器见文物编辑委员会编:《文物考古工作三十年（1949～1979)》第 142～143 页，文物出版社，1979 年。

[10] 李水城等:《四坝文化铜器研究》，《文物》2000 年第 3 期。

[11] 中国社会科学院考古研究所:《大甸子——夏家店下层文化遗址与墓地发掘报告》，科学出版社，1996 年。

[12] 牛河梁炉壁原报道见《文物考古工作十年（1979～1989)》第 61 页。科学分析见《文物》1999 年第 12 期第 44 页。原定为红山文化，后定为夏家店下层文化。

[13] 湖北省博物馆:《盘龙城商代二里岗期的青铜器》，《文物》1976 年第 2 期。并见湖北省文物考古研究所:《盘龙城（一九六三年～一九九四年考古发掘报告)》，文物出版社，2001 年。

[14] 河南省文化局文物工作队第一队:《郑州商代遗址的发掘》，《考古学报》1957 年第 1 期。

[15] 河南省文物考古研究所等:《郑州商代铜器窖藏》，科学出版社，1999 年。

[16] 中国社会科学院考古研究所:《殷墟妇好墓》，文物出版社，1980 年。

[17] 江西省博物馆等:《江西清江吴城商代遗址发掘简报》，《文物》1975 年第 7 期。《江西清江吴城商代遗址第四次发掘的主要收获》，《文物资料丛刊》(2)，文物出版社，1978 年。

[18] 四川省文物考古研究所等:《广汉三星堆遗址二号祭祀坑发掘简报》，《文物》1989 年第 5 期。陈德安等:《三星堆》，四川人民出版社，1998 年。

[19] 江西省文物考古研究所等:《江西新干大洋洲商墓发掘简报》，《文物》1991 年第 10 期。江西省文物考古研究所等:《新干商代大墓》，文物出版社，1997 年。

[20] 陈振中:《青铜生产工具与中国奴隶制社会经济》第 13 页，中国社会科学出版社，1992 年。

[21] 廖志豪:《论吴越时期的青铜农具》，《农业考古》1982 年第 2 期。

[22] 李延祥:《林西县大井古铜矿冶遗址冶炼技术研究》，《自然科学史研究》1990 年第 2 期。

[23] 梅建军等:《新疆奴拉赛古铜矿矿冶遗址冶炼技术初步研究》，《自然科学史研究》1998 年第 3 期。

[24] 张敬国等:《贵池东周铜锭的分析研究——中国始用硫化矿炼铜的一个线索》，《自然科学史研究》1985 年第 2 期。

[25] 卢本珊:《铜绿山春秋早期的炼铜技术》，《科技史文集》第 13 辑，上海科学技术出版社，1985 年。

[26] 卢本珊等:《铜绿山春秋早期炼铜技术续探》，《自然科学史研究》1984 年第 2 期。

[27] 参见温少峰等:《殷墟卜辞研究——科学技术篇》，四川社会科学出版社，1983 年。

[28] 洛阳市文物工作队:《1975～1979 年洛阳北窑西周铸铜遗址的发掘》，《考古》1983 年第 5 期。

[29] 山西省考古研究所:《侯马铸铜遗址》第 441 页，文物出版社，1993 年。

[30] 张万钟:《泥型铸造发展史》，《中国历史博物馆馆刊》总第 10 期，1987 年。



［31］中国社会科学院考古研究所编著:《殷墟发掘报告（1958～1961）》第28～58页，文物出版社，1987年。

［32］安志敏:《唐山石棺墓及其相关的遗物》，《考古学报》第七册，1954年。

［33］江西省博物馆：《江西清江吴城商代遗址第四次发掘的主要收获》，《文物资料丛刊》（2），1978年。彭适凡：《江西商周青铜器铸造技术》，《科技史文集》第9辑，上海科学技术出版社，1982年。此统计的石范基本成型者68件。

［34］江西省文物考古研究所等:《吴城——1973～2002年考古发掘报告》第143～153页，科学出版社，2005年。此书统计石范总数为57件。

［35］张昭:《云南弥渡合家山出土古代石、陶范和青铜器》，《文物》2000年第11期。

［36］王大道:《从现代石范铸造看云南青铜铸造的几个问题》，《云南文物》总第13期，1983年6月。

［37］赵芝荃：《二里头遗址与偃师商城》，《考古与文物》1989年第2期。

［38］辽宁省博物馆等：《内蒙古赤峰县四分地东山嘴遗址试掘简报》，《考古》1983年第5期。陶范1件，为泥质灰陶。

［39］谭德睿:《侯马东周陶范的材料及其处理技术的研究》，《考古》1986年第4期。谭德睿:《中国青铜时代陶范铸造技术研究》，《考古学报》1989年第2期。

［40］陕西省文物管理委员会:《长安普渡村西周墓的发掘》，《考古学报》1957年第1期。

［41］冯富根等:《司母戊鼎铸造工艺的再研究》，《考古》1981年第2期。按：有学者认为“司母戊大鼎”应释为“后母戊大鼎”，这牵涉到甲骨文的辨认问题，哪种解读更为合理，可以进一步研究。本书仍然采用“司母戊大鼎”一名。

［42］河南省博物馆:《郑州出土的商代前期大铜鼎》，《文物》1975年第6期。河南省文物研究所等:《郑州新发现商代窖藏铜器》，《文物》1983年第3期。河南省文物研究所:《河南考古四十年》第192页，河南人民出版社，1994年。

［43］张万钟:《从侯马出土陶范试探东周泥型铸造工艺》，《科技史文集》第13辑，上海科学技术出版社，1985年。

［44］汤文兴:《我国古代几种货币的铸造技术》，《中原文物》1983年第2期。

［45］河北省文物管理处：《河北易县燕下都第21号遗址第一次发掘简报》，《考古学集刊》（2），1982年。

［46］河南省文物研究所等:《淅川下寺春秋楚墓》，文物出版社，1991年。

［47］随县擂鼓墩一号墓考古发掘队:《湖北随县曾侯乙墓发掘简报》，《文物》1997年第7期。

［48］《小校经阁金文拓本》卷十四“泉范”。

［49］汪本初：《安徽近年出土楚铜贝初探》，《文物研究》第2辑，1986年。

［50］李仲达等:《商周青铜容器合金成分的科学考察》，《西北大学学报》（自然科学报）1984年第2期。

［51］金正耀:《二里头青铜器的自然科学研究与夏文明探索》，《文物》2000年第1期。

［52］李敏生:《先秦用铅的历史概况》，《文物》1984年第10期。中国社会科学院考古研究所:《夏县东下冯》第208页，文物出版社，1988年。按：关于二里头标本IVH76:48的性质，李敏生此文说为“不成器的铅块”；中国社会科学院考古研究所：《偃师二里头——1959年～1978年考古发掘报告》（中国大百科全书出版社，1999年）第240页说为“锡片”，但该书所附曲长芝等文《二里头遗址出土铜器X射线荧光分析》表明，此金属片是铅而不是锡。今依李敏生、曲长芝说。

［53］梁宏刚等:《二里头遗址出土青铜钺分析测试报告》，《考古》2002年第11期。



[54] 曲长芝等:《二里头遗址出土铜器 X 射线荧光分析》,《偃师二里头——1959 年~1978 年考古发掘报告》,中国大百科全书出版社,1999 年。

[55] 李秀辉等:《朱开沟遗址早商铜器的成分及金相分析》,《文物》1996 年第 8 期。

[56] 张学正等:《甘肃发现的早期金属器物的研究》,北京第一届国际冶金史学术讨论会论文。孙淑云等:《中国早期铜器的初步研究》,《考古学报》1981 年第 3 期。

[57] 孙淑云等:《甘肃早期铜器的发现与冶炼、制造技术的研究》,《文物》1997 年第 7 期。

[58] 何堂坤:《先秦青铜合金技术的初步探讨》,《自然科学史研究》1997 年第 3 期。

[59] 何堂坤:《盘龙城青铜器合金成分分析》,载《盘龙城(一九六三年~一九九四年考古发掘报告)》,文物出版社,2001 年。

[60] 郝欣、孙淑云:《盘龙城商代青铜器的检验与初步研究》,《盘龙城(一九六三年~一九九四年考古发掘报告)》,文物出版社,2001 年。

[61] 扬根等:《司母戊大鼎的含金成分及其铸造技术的初步研究》,《文物》1959 年第 12 期。

[62] 北京钢铁学院:《中国冶金简史》第 24 页,科学出版社,1978 年。

[63] 中国社会科学院考古研究所实验室:《殷墟金属器物成分的测定报告(一)——妇好墓铜器测定》,《考古学集刊》(2),1982 年。

[64] 李敏生等:《殷墟金属器物成分的测定报告(二)——殷墟西区铜器和铅器测定》,《考古学集刊》(4),中国社会科学出版社,1984 年。

[65] 何堂坤等:《罗山固始商代青铜器科学分析》,《中原文物》1994 年第 3 期。

[66] 季连琪:《河南安阳郭家庄 160 号墓出土铜器的成分分析研究》,《考古》1997 年第 2 期。刘屿霞:《殷代冶铜术之研究》,《安阳发掘报告》第 4 期,1933 年。冯富根等:《殷墟出土商代青铜觚铸造工艺的复原研究》,《中国冶铸史论集》,文物出版社,1986 年。梅原末治:《支那铜利器之成份之考古学的考察》,《东亚考古学论考》,1940 年。山内淑人、小泉瑛一分析。道野鹤松:《由化学上所见古代支那之金属及其金属文化》,《东方学报》京都第四册,1933 年。道野鹤松:《东洋古代金属の化学的研究》,《日本化学学会会誌》第五十三卷,1932 年。

[67] 田长浒:《从现代试验剖析中国古代铸造的科学成就》,《科技史文集》第 13 辑,上海科学技术出版社,1985 年。

[68] 陈佩芬:《古代铜兵铜镜的成分及有关铸造技术》,《上海博物馆馆刊》第 1 辑,1981 年。

[69] 何堂坤等:《江陵战国青铜器科学分析》,《自然科学史研究》1999 年第 2 期。

[70] 何堂坤:《春秋战国青铜剑科学考察》,《中国冶金史料》1990 年第 3 期。

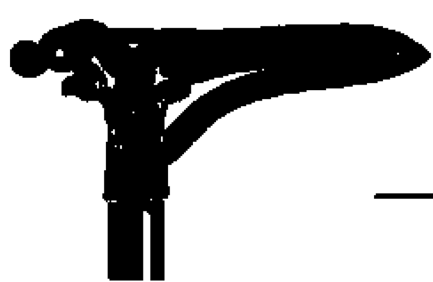
[71] 何堂坤:《鄂州战国青铜兵刃器初步考察》,《江汉考古》1990 年第 3 期。

[72] 李敏生:《淅川下寺春秋楚墓部分金属成分测定》,《淅川下寺春秋楚墓》,文物出版社,1991 年。

[73] 徐恒彬等:《广东省出土青铜器冶铸技术的研究》,《科技史文集》第 14 辑,上海科学技术出版社,1985 年。

[74] 湖南省博物馆:《长沙楚墓》,《考古学报》1959 年第 1 期。

[75] (1) 复旦大学静电加速器实验室等:《越王剑的质子 X 莹光非真空分析》,《复旦学报》,1979 年第 1 期。(2) 谭德睿等:《吴越菱形纹饰铜兵器技术初探》,《南方文物》1994 年第 2 期。(3) 孙淑云:《当阳赵家湖楚墓金属器的鉴定》,《中国冶金史论文集》(二),《北京科技大学学报》增刊,1994 年。(4) 田长浒:《中国金属技术史》第 91 页,四川科学技术出版社,1987 年。(5) Shu - Chuan Liangand Kan - Nan Chang, The Chemical Conposition of some Early Chinese Bronzes, Chinese Chemical Society, Peking, 1950.



［76］何堂坤:《山东青铜器合金成分分析》,《文物春秋》1992 年第 1 期。

［77］何堂坤:《中国古代铜镜的技术研究》第 33、40 页，中国科学技术出版社，1992 年。

［78］何堂坤:《“六齐”之管窥》,《科技史文集》第 15 辑，上海科学技术出版社，1989 年；并见中国科学院自然科学史研究所编:《科学技术史研究五十年（论文选)》，2007 年。

［79］甘肃省文物考古研究所等:《甘肃民乐县东灰山遗址发掘纪要》，《考古》1995 年第 12 期。

［80］李秀辉等:《朱开沟遗址出土铜器的金相学研究》，载内蒙古自治区文物考古研究所等编《朱开沟——青铜时代早期遗址发掘报告》，文物出版社，2000 年。

［81］何堂坤:《几件琉璃河西周早期青铜器的科学分析》,《文物》1988 年第 3 期。

［82］何堂坤:《部分四川青铜器的科学分析》,《四川文物》1987 年第 4 期。肖璘等:《成都金沙遗址出土金属器的实验分析与研究》,《文物》2004 年第 4 期。

［83］何堂坤:《滇池地区几件青铜器的科学分析》,《文物》1985 年第 4 期。

［84］云南省博物馆:《云南剑川海门口青铜时代早期遗址》,《考古》1995 年第 9 期。

［85］何堂坤、靳枫毅:《中国古代焊接技术初步研究》,《华夏考古》2000 年第 1 期。

［86］吴坤仪:《太原晋国赵卿墓青铜器制作技术》，《太原晋国赵卿墓》第 273 页，文物出版社，1996 年。

［87］华觉明等:《曾侯乙尊、盘和失蜡法的起源》,《自然科学史研究》1983 年第 4 期。

［88］湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 177、229、478 页，文物出版社，1989 年。

［89］河北省博物馆等:《藁城台西商代遗址》第 54 页，文物出版社，1977 年。

［90］李众:《关于藁城商代铜钺铁刃的分析》,《考古学报》1976 年第 2 期。

［91］北京市文物管理处:《北京市平谷县发现商代墓葬》,《文物》1977 年第 11 期。

［92］广西壮族自治区博物馆:《广西恭城县出土的青铜器》,《考古》1973 年第 1 期。

［93］何堂坤:《我国古代金属锋刃器复合材料的技术》,《五金科技》1983 年第 6 期。

［94］湖南省博物馆:《长沙楚墓》,《考古学报》1959 年第 1 期。

［95］史树青:《我国古代的金错工艺》,《文物》1973 年第 6 期。

［96］王海文:《青铜镶嵌工艺概述》,《故宫博物院院刊》1983 年第 1 期。

［97］张天恩:《天水出土的兽面铜牌饰及有关问题》,《中原文物》2002 年第 1 期。

［98］四川省文物考古研究所三星堆工作站等:《三星堆遗址真武仓包包祭祀坑调查简报》,《四川考古报告集》，文物出版社，1989 年。敖天照等:《四川广汉县出土商代玉器》，《文物》1980 年第 9 期。

［99］安徽省文物管理委员会等:《寿县蔡侯墓出土遗物》，科学出版社，1956 年。

［100］安志敏:《河北省唐山市贾各庄发掘报告》,《考古学报》第 6 册，1953 年。

［101］黄河水库考古工作队:《1957 年河南陕县发掘简报》,《考古通讯》1958 年第 11 期。

［102］湖北省文化局文物工作队:《湖北江陵三座楚墓出土大批重要文物》,《文物》1966 年第 5 期。

［103］河北省文物管理处:《河北省平山县战国时期中山国墓葬发掘简报》,《文物》1979 年第 1 期。

［104］齐文涛:《概述近年来山东出土的商周青铜器》,《文物》1972 年第 5 期。

［105］贾福云等:《曾侯乙青铜器红铜花纹铸镶法的研究》,《科技史文集》第 13 辑，上海科学技术出版社，1985 年。

［106］本人所作山东长岛店子龙山文化黄铜片科学分析、山东临沂战国青铜剑科学分析，详细资料皆待发表。

［107］江苏省文物管理委员会:《江苏六合程桥东周墓》,《考古》1965 年第 3 期。

[108] 叶小燕:《东周刻纹铜器考》,《考古》1983 年第 2 期。

[109] 何堂坤:《刻纹铜器科学分析》,《考古》1993 年第 5 期。

[110] 何堂坤等:《四川峨眉战国青铜器的科学分析》,《考古》1986 年第 11 期。

[111] 周纬:《中国兵器史稿》第 151 ~ 152 页,三联书店,1957 年。

[112] 张子高:《从镀锡铜器谈到鋈字本义》,《考古学报》1958 年第 3 期。

[113] 河南省文物研究所:《信阳楚墓》,文物出版社,1986 年。

[114] 浙江省文物管理委员会等:《绍兴 306 号战国墓发掘简报》,《文物》1984 年第 1 期。

[115] 复旦大学静电加速实验室等:《越王剑的质子 X 荧光非真空分析》,《复旦学报》(自然科学版)1979 年第 1 期。

[116] 何堂坤:《包山楚墓金属器初步考察》,《包山楚墓》,文物出版社,1991 年。

[117] 何堂坤:《几件表面含硫的战国青铜器的科学分析》,《中国科学技术史国际学术讨论会论文集》,中国科学技术出版社,1992 年。

[118] 何堂坤等:《江陵战国青铜器科学分析》,《自然科学史研究》1999 年第 3 期。

[119] 许永杰:《民乐东灰山火烧沟四坝文化遗址》,《中国考古学年鉴(1988)》,文物出版社,1989 年。

[120] 严文明:《论中国的铜石并用时代》,《史前研究》1984 年第 1 期。

[121] 刘秀中:《平谷刘家河商墓出土的金器》,《中国文物报》1993 年 8 月 8 日。

[122] 河北省文物管理处台西考古队:《河北藁城台西村商代遗址发掘简报》,《文物》1979 年第 6 期。

[123] 河南省博物馆等:《郑州商代城遗址发掘报告》,《文物资料丛刊》(1),1977 年。

[124] 宝鸡市考古工作队:《宝鸡市益门村二号春秋墓发掘简报》1993 年第 10 期。

[125] 张天恩:《秦器三论——益门春秋墓几个问题浅谈》,《文物》1993 年第 1 期。

[126] 山东省文物考古研究所等:《曲阜鲁国故城》第 159 页,齐鲁书社,1982 年。

[127] 河南省文物研究所:《信阳楚墓》,文物出版社,1986 年。

[128] 河南省文化局文物工作队:《1958 年春河南安阳市大司空村殷代墓葬发掘简报》,《考古通讯》1958 年第 10 期。

[129] 中国社会科学院考古研究所安阳工作队:《1969 ~ 1977 年安阳殷墟西区墓葬发掘报告》,《考古学报》1979 年第 1 期。

[130] 河南省文物考古研究所等:《三门峡虢国墓》,文物出版社,1999 年。鉴定报告见该书第一卷第 559 ~ 573 页所载韩汝玢等文。

[131] 刘得祯等:《甘肃灵台县景家庄春秋墓》,《考古》1981 年第 4 期。鉴定结论并参见文献 [130]。

[132] 甘肃省博物馆文物工作队:《甘肃永昌三角城沙井文化遗址调查》,《考古》1984 年第 7 期。

[133] 袁仲一:《从考古资料看秦文化的发展和主要成就》,《文博》1990 年第 5 期。

[134] 张天恩:《再论秦式短剑》,《考古》1995 年第 9 期。

[135] 何堂坤等:《延庆山戎文化铜柄铁刀及其科学分析》,《中原文物》2004 年第 2 期。

[136] 转引自文献 [130] 韩汝玢等文。

[137] 彭适凡等:《江西冶金史研究》专辑,《江西冶金》1994 年第 6 期。

[138] 王大道:《云南滇池区域青铜时代的金属农业生产工具》,《考古》1977 年第 2 期。

[139] 李众:《中国封建社会前期钢铁冶炼技术发展的探讨》,《考古学报》1975 年第 2 期。

[140] 长沙铁路东站建设工程文物发掘队:《长沙新发现春秋晚期的钢剑和铁器》,《文物》1978 年第 10 期。

［141］新疆维吾尔自治区文化厅文物处等：《新疆哈密焉不拉克墓地》，《考古学报》1989年第3期。新疆文物事业管理局等：《新疆维吾尔自治区文物考古工作五十年》，《新中国考古工作五十年》，文物出版社，1999年。

［142］中国科学院考古研究所：《辉县发掘报告》，科学出版社，1956年。

［143］（北京钢铁学院）压力加工专业：《易县燕下都44号墓铁器金相考察初步报告》，《考古》1975年第4期。

［144］李仲达等：《燕下都铁器金相考察初步报告》，载河北省文物研究所：《燕下都》，文物出版社，1996年。

［145］河南省文物考古研究所等：《河南省西平县酒店冶铁遗址试掘简报》，《华夏考古》1998年第4期。

［146］郑绍宗：《热河兴隆发现的战国生产工具范》，《考古通讯》1956年第1期。

［147］河北省文物管理处：《磁县下潘汪遗址发掘报告》，《考古学报》1975年第1期。

［148］柯俊等：《河南汉代一批铁器的初步研究》，《中原文物》1993年第1期。

［149］韩汝玢：《阳城铸铁遗址铁器的金相鉴定》，见文献［5］附。

［150］李京华：《郑州食品厂商代窖藏大方鼎“拼铸”技术初探》，又《郑州南顺城街商代窖藏大方鼎“拼铸”技术再探》，皆见李京华：《中原古代冶金技术研究》（第二集），中州古籍出版社，2003年。

［151］宋淑悌：《司母戊鼎的X光检测及其铸造工艺》，《东南文化》1998年第3期。

［152］胡家喜等：《盘龙城遗址青铜器铸造工艺探讨》，载《盘龙城（一九六三年～一九九四年考古发掘报告)》，文物出版社，2001年。

［153］华觉明等：《妇好墓青铜器群铸造技术的研究》，《考古学集刊》（1），中国社会科学出版社，1981年。

［154］凌业勤：《中国古代传统铸造技术》，第29页，科学技术文献出版社，1987年。

［155］湖北省荆州地区博物馆：《江陵雨台山楚墓》第75页，文物出版社，1984年。

［156］华觉明：《吴越之剑的铸作与品相》，《台湾龚钦龙藏越王剑暨商周青铜兵器》，南京出版社，2003年。

［157］贾莹等：《吴国青铜兵器的金相学考察》，《文物科技研究》第二辑，科学出版社，2004年。

第三节　制陶术的发展和原始瓷的兴起

［1］中国科学院考古研究所洛阳发掘队：《河南偃师二里头遗址发掘简报》，《考古》1965年第5期。

［2］河南省博物馆：《郑州商代城址发掘报告》，《文物资料丛刊》(1)，文物出版社，1977年。

［3］河南省文化局文物工作队第一队：《郑州商代遗址的发掘》，《考古学报》1957年第1期。

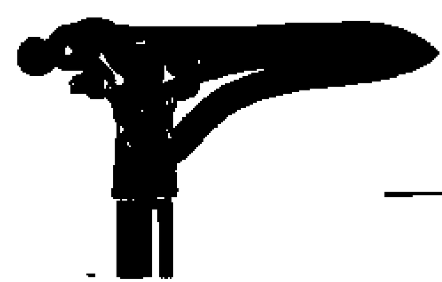
［4］河北省文物管理委员会：《邢台曹演庄遗址发掘报告》，《考古学报》1958年第4期。

［5］云明等：《邢台商代遗址中的陶窑》，《文物参考资料》1956年第12期。

［6］纪南城文物考古工作队：《江陵县毛家山发掘记》，《考古》1977年第3期。

［7］李毅华：《浙江绍兴富盛窑——兼谈原始青瓷》，《中国古代窑址调查发掘报告集》，文物出版社，1984年。绍兴县文物管理委员会：《浙江绍兴富盛战国窑址》，《考古》1979年第3期。

[8] 王士伦:《浙江萧山进化区古代窑址的发现》,《考古通讯》1957 年第 2 期。
[9] 河南省文物考古研究所新郑工作站:《郑韩故城发现战国时期大型制陶作坊遗址》,《中原文物》2003 年第 1 期。
[10] 中国社会科学院考古研究所二里头工作队:《1987 年偃师二里头遗址墓葬发掘简报》,《考古》1992 年第 4 期。
[11] 河南省文物研究所等:《登封王城岗与阳城》,文物出版社,1992 年。
[12] 逄振镐:《东夷史前制陶业的发展》,《中原文物》1993 年第 1 期。
[13] 洛阳博物馆:《洛阳矬李遗址试掘简报》,《考古》1978 年第 1 期。
[14] 中国科学院考古研究所二里头工作队:《1981 年河南偃师二里头墓葬发掘简报》,《考古》1984 年第 1 期。灰白陶 2 件,一件通高 26.5 厘米。
[15] 河北省博物馆等:《藁城台西商代遗址》,文物出版社,1985 年。
[16] 山东省文物管理处:《济南大辛庄遗址试掘简报》,《考古》1959 年第 4 期。
[17] 中国社会科学院考古研究所安阳队:《安阳侯家庄北地一号墓发掘简报》,《考古学集刊》(2),中国社会科学出版社,1982 年。
[18] 中国社会科学院考古研究所安阳队:《殷墟 259、260 号墓发掘报告》,《考古学报》1987 年第 1 期。
[19] 牟永抗:《浙江的印纹陶——试谈印纹陶的特征以及与瓷器的关系》,《文物集刊》(三),文物出版社,1981 年。
[20] 江西省博物馆"印纹硬陶问题"研究小组:《试谈南方地区几何印纹陶的分期和断代》,《文物集刊》(三),文物出版社,1981 年。
[21] 上海市文物保管委员会:《上海市金山县戚家墩遗址发掘简报》,《考古》1973 年第 1 期。按:早年的发掘报告常把原始瓷称为釉陶,此文亦然。
[22] 广东省文物管理委员会等:《广东增城、始兴的战国遗址》,《考古》1964 年第 3 期。原报道说增城西瓜岭和始兴白石坪出土的"陶器都属于几何印纹硬陶的系统"。本文所引百分数又见文献 [49] 第 99 页。
[23] 中国科学院考古研究所二里头工作队:《河南偃师二里头早商宫殿遗址发掘简报》,《考古》1974 年第 4 期。
[24] 河南省文物研究所等:《郑州南顺城街青铜器窖藏坑发掘简报》,《华夏考古》1998 年第 3 期。
[25] 彭适凡:《中国南方古代印纹陶》第 35 ~ 36 页,文物出版社,1987 年。
[26] 安金槐:《谈谈郑州商代瓷器的几个问题》,《文物》1960 年第 8、9 期。洛阳庞家沟西周墓资料见洛阳博物馆:《洛阳庞家沟五座西墓的清理》,《文物》1972 年第 10 期。洛阳市文物工作队:《洛阳北窑西周墓》第 371 ~ 372 页,文物出版社,1999 年。
[27] 姚仲源:《浙江德清出土的原始青瓷——兼谈原始青瓷生产和使用中的若干问题》,《文物》1982 年第 4 期。
[28] 郑州市博物馆:《郑州铭功路西侧的两座商代墓》,《考古》1965 年第 10 期。
[29] 陈旭《郑州小双桥商代遗址的年代和性质》,《中原文物》1995 年第 1 期。
[30] 宋国定等:《商代王室重器在郑州重见日》,《中国文物报》1996 年 4 月 21 日第 1 版。
[31] 湖北省博物馆:《盘龙城商代二里岗期的青铜器》,《文物》1976 年第 2 期。
[32] 李科友、彭适凡:《略论江西吴城商代原始瓷器》,《文物》1975 年第 7 期。
[33] 朱土生:《浙江龙游出土一批精美西周的原始瓷》,《中国文物报》1999 年 10 月 24 日。
[34] 浙江省文物管理委员会:《绍兴漓渚汉墓》,《考古学报》1957 年第 1 期。其中有 23 座战国墓,31 座汉墓。



[35] 江西省博物馆等:《江西清江战国墓清理简报》,《考古》1977 年第 5 期。并见文献 [49] 第 99 页。

[36] 陈铁梅等:《中子活化分析对商时期原始瓷产地的研究》,《考古》1997 年第 7 期。

[37] 河南省文物研究所等:《河南淮阳平粮台龙山文化城址试掘简报》,《文物》1983 年第 3 期。

[38] 中国科学院考古研究所安阳发掘队:《殷墟出土的陶水管道和石磬》,《考古》1976 年第 1 期。

[39] 河北省文物管理委员会:《河北武安县午汲古城中的窑址》,《考古》1959 年第 7 期。该遗址清理出春秋战国陶窑 2 座,战国末至西汉陶窑 10 座,西汉晚期至东汉陶窑 9 座。

[40] 周仁等:《我国黄河流域新石器时代和殷周时代制陶工艺的科学总结》,《考古学报》1960 年第 1 期。

[41] 邓泽群、李家治:《晋南垣曲商城遗址古陶瓷化学组成及工艺的研究》,载中国历史博物馆考古部等《垣曲商城(1985~1986 年度勘察报告)》,科学出版社,1996 年。

[42] 张子正等:《中国古代建筑陶瓷的初步研究》,中国科学院上海硅酸盐研究所编《中国古陶瓷研究》,科学出版社,1987 年。

[43] 谭德睿:《商周青铜器陶范处理技术的研究》,《自然科学史研究》1986 年第 4 期。汉镜陶范分析见刘煜、赵志军等:《山东临淄齐国故城汉代镜范的科学分析》,《考古》2005 年第 12 期。

[44] 李家治:《原始瓷的形成和发展》,《中国古代陶瓷科学技术成就》,上海科学技术出版社,1985 年。按:该文列出了 14 件商周印纹硬陶胎、34 件原始瓷胎、19 件原始瓷釉的化学成分;前者有 2 件、次者有 13 件试样列出了两组分析数据,在计算平均值时,都采用了第 1 组分析数据。又,李家治:《中国科学技术史·陶瓷卷》第 71 页、76 页,科学出版社,1998 年。

[45] 彭适凡:《中国南方古代印纹陶》第 391~395 页,文物出版社,1987 年。

[46] 周燕儿:《绍兴出土越国原始青瓷的初步研究》,《考古与文物》1996 年第 6 期。

[47] 宋健:《马桥文化原始瓷和印纹硬陶研究》,《文物》2000 年第 3 期。

[48] 彭适凡:《中国南方古代印纹陶》第 391 页,文物出版社,1987 年。原出自南京博物院:《宜兴古窑址调查》,《文博通讯》(南京博物院编)1975 年第 5 期。

[49] 李文杰:《陶器的化学组成与制陶原料的关系——兼论中国古代制陶工艺的分期和类型》,载李文杰:《中国古代制陶工艺研究》,科学出版社,1996 年。

[50] 中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第 56、81、82、103、104 页,文物出版社,1982 年。

[51] 河北省文化局文物工作队:《河北邯郸涧沟村古遗址发掘简报》,《考古》1961 年第 4 期。

[52] 吴瑞等:《鹰潭角山商代窑场原始瓷的科技研究》,《2005 年古陶瓷科学技术国际讨论会论文集》,上海科学技术文献出版社。

[53] 江西省博物馆等:《江西清江吴城商代遗址发掘简报》,《文物》1975 年第 7 期第 54 页。

[54] 李文杰:《中国古代制陶工艺的分期和类型》,《自然科学史研究》1996 年第 1 期。李文杰等:《渑池县郑窑遗址二里头制陶工艺研究》,《华夏考古》1998 年第 2 期。

[55] 张福康:《铁系高温釉综述》,《中国古代陶瓷科学技术成就》,上海科学技术出版社,1985 年。

[56] 安徽省文化局文物工作队:《安徽屯溪西周墓葬发掘报告》,《考古学报》1959 年第 4 期。

[57] 李家治:《我国古代陶器和瓷器工艺发展过程的研究》,《考古》1978 年第 3 期。

［58］李家治:《中国陶器和瓷器工艺发展过程的研究》,《中国古代陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985 年。

［59］李家治等:《浙江江山泥釉黑陶及原始瓷的研究》，载中国科学院上海硅酸盐研究所编《中国古陶瓷研究》，科学出版社，1987 年。按：有的试样有两组分析数据，今讨论平均成分时采用第 1 组。

［60］毛兆廷:《瓷器起源新说》,《东南文化》1991 年第 3、4 合期。

［61］宋伯胤:《关于我国瓷器渊源问题的探讨》，《中国古陶瓷论文集》，文物出版社，1982 年。

［62］徐元邦等:《我国新石器时代——西周陶窑综述》,《考古与文物》1982 年第 1 期。按：陶窑在何时开始砌于地面，学术界是有不同看法的，徐元邦等人认为是西周之后，张福康等人认为是商代（见文献［63］）。

［63］张福康:《中国新石器时代制陶术的主要成就》,《中国古代陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985 年。

［64］陈嘉祥:《郑州洛达庙发现两座古代窑址》,《文物参考资料》1956 年第 11 期。并见文献［50］第 58 页。

［65］河南省文化局文物工作队第一队:《郑州商代遗址的发掘》，《考古学报》1957 年第 1 期。

［66］马全等:《郑州发现的几个时期的古代窑址》,《文物参考资料》1957 年第 10 期。

［67］陈可栋:《试论我国古代的馒头窑》,《中国古陶瓷论文集》，文物出版社，1982 年。

［68］山西考古研究所侯马工作站:《侯马晋国陶窑遗址勘探与发掘》，《考古与文物》1989 年第 3 期。

［69］湖北省文物考古研究所:《盘龙城（一九六三年～一九九四年考古发掘报告）》，文物出版社，2001 年。

［70］中国科学院考古研究所:《沣西发掘报告》，文物出版社，1962 年。

［71］南京博物院:《江苏新沂县三里墩古文化遗址第二次发掘简介》，《考古》1960 年第 7 期。

［72］北京大学考古专业教研室:《洛阳王湾周代遗址与墓葬》，发掘报告未得详见，转引自文献［62］、［67］。

［73］景通等:《三门峡发现春秋时期陶窑遗址》,《考古》1989 年第 3 期。

［74］山西省文物管理委员会:《山西省文管会侯马工作站的总收获》，《考古》1959 年第 5 期。

［75］山西省文管会侯马工作站:《侯马东周时代烧陶窑遗址发掘纪要》，《文物》1959 年第 6 期。

［76］湖北省博物馆:《楚都纪南城的勘查与发掘》,《考古学报》1982 年第 3、4 期。

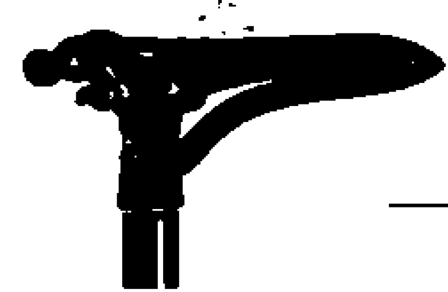
［77］安阳市文物工作队:《安阳县阜城村战国窑址发掘简报》,《华夏考古》1997 年第 2 期。

［78］熊海堂:《东亚窑业技术发展与交流史研究》第 61 页、75 页，南京大学出版社，1995 年。

［79］朱伯谦:《试论我国古代的龙窑》,《文物》1984 年第 3 期。

［80］江西省博物馆等:《江西清江吴城商代遗址第四次发掘的主要收获》,《文物资料丛刊》（2），文物出版社，1978 年。江西省文物工作队吴城工作站等:《清江吴城遗址第六次发掘的主要收获》,《江西历史文物》1987 年第 2 期。李玉林:《吴城商代龙窑》,《文物》1989 年第 1 期。周广明等:《江西地区商代窑业技术概述》,《2002 年古陶瓷科学技术国际讨论会文集》，上海科学技术文献出版社，2004 年。

［81］江西文物考古研究所:《吴城——1973～2002 年考古发掘报告》第 82 页，科学出版



社，2005年。按：目前学术界对吴城商代窑炉的总数，以及这些窑的属性仍有不同看法。文献[80]中的一些资料认为：1974年、1975年、1986年计发现窑址12座，并说1986年出土的10座商代陶窑中，4座为平焰窑、6座为升焰窑；有资料还说1974年的一座为半倒焰窑，并说其有烟囱。文献[81]认为1974年、1975年、1986年总共出土陶窑14座，其中有圆形窑2座、圆角的三角形窑6座、圆角的方形窑5座、长方形的龙窑1座。今依文献[81]。

[82] 浙江省文物考古研究所:《浙江上虞县商代印纹硬陶窑址发掘简报》，《考古》1987年第11期。周广明:《江西地区商代窑业技术概述》，《2002年古代陶瓷科学技术国际讨论会论文集》，上海科学技术文献出版社。

[83] 广东省文物管理委员会等:《广东增城、始兴的战国遗址》，《考古》1964年第3期。

[84] 刘振群:《窑炉的改进和我国古陶瓷发展的关系》，《中国古陶瓷论文集》，文物出版社，1982年。

[85] 广东省文物考古研究所等:《广东博罗县圆洲梅花墩窑址的发掘》，《考古》1998年第7期。

[86] 叶宏明等:《关于我国陶器向青瓷发展的工艺探讨》，《中国古陶瓷论文集》，文物出版社，1982年。

[87] 朱建明:《浙江德清原始青瓷窑址调查》，《考古》1989年第9期。

[88] 熊海堂:《中国古代的窑具与装烧技术研究》，《东南文化》1991年第6期。

[89] 彭适凡:《中国南方古代印纹陶》第408页，文物出版社，1987年。

[90] 刘兴:《镇江地区出土的原始青瓷》，《文物》1979年第3期。

[91] 俞天舒：《浙江瑞安凤凰山周墓清理简报》，《考古》1987年第8期。

[92] 朱剑、王昌燧等:《商周原始瓷产地的再分析》，《吴城（1973～2002年考古发掘报告)》，科学出版社，2005年。

[93] 陕西省博物馆等:《秦都咸阳故城遗址发现的窑址和铜器》，《考古》1974年第1期。秦都咸阳故城遗址滩毛村发掘3座半地穴式秦代陶窑。

第四节　机械技术的初步发展

[1] 中国科学院考古研究所甘肃工作队:《甘肃永靖秦魏家齐家文化墓地》，《考古学报》1975年第2期。

[2] 甘肃省岷县文化馆：《甘肃岷县杏林齐家文化遗址调查》，《考古》1985年第11期。

[3] 严文明:《论中国的铜石并用时代》，《史前研究》1984年第1期。

[4] 《文物考古工作三十年（1949～1979)》第142页，“甘肃省”部分，文物出版社，1979年。

[5] 湖北省博物馆:《盘龙城商代二里岗期的青铜器》，《文物》1976年第2期。

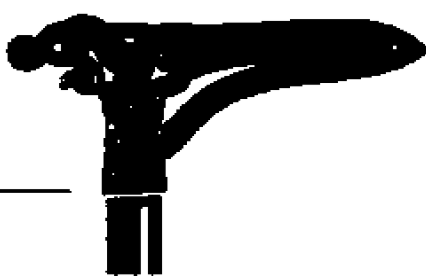
[6] 东下冯考古队:《山西夏县东下冯遗址东区、中区发掘简报》，《考古》1980年第2期。

[7] 中国科学院考古研究所二里头工作队:《河南偃师二里头遗址三、八区发掘简报》，《考古》1875年第5期。中国科学院考古研究所:《偃师二里头——1959年～1978年考古发掘报告》第169页。三期遗存出土有兵工器30件，其中有戈1件、锛2件、凿2件、刀13件、镞7件、锥1件、锯1件、鱼钩2件、纺轮1件。

[8] 郭宝钧:《中国青铜器时代》第19页，三联书店，1978年。

[9] 安志敏:《中国早期铜器的几个问题》，《考古学报》1981年第3期。

[10] 洛阳市文物工作队:《洛阳西郊四号墓发掘简报》，《文物资料丛刊》(9)，第144页图四、5，文物出版社，1985年。



[11] 保全:《西安老牛坡出土商代早期文物》,《考古与文物》1981 年第 2 期。

[12] 四川省文管会等:《四川荥经曾家沟战国墓群第一、二次发掘》,《考古》1984 年第 12 期。

[13] 山西省文物管理委员会:《山西长治市分水岭古墓的清理》,《考古学报》1957 年第 1 期。断代依黄展岳说(见《文物》1976 年第 8 期)。

[14]《文物考古工作三十年(1949~1979)》第 41 页,文物出版社,1979 年。

[15] 河南出土商周青铜器编辑组:《河南出土商周青铜器》(一)图版说明第 14 页,文物出版社,1981 年。

[16] 甘肃省博物馆:《甘肃武威皇娘娘台遗址发掘报告》,《考古学报》1960 年第 2 期。原报道未说明双面刃,双面刃说转引自文献 [22]。

[17] 北京市文管处:《北京市延庆县西拨子村窖藏铜器》,《考古》1979 年第 3 期。

[18] 淮阴市博物馆:《淮阴高庄战国墓》,《考古学报》1988 年第 2 期。

[19] 王大道:《云南剑川海门口早期铜器研究》,《中国考古学会第四次年会论文集》,文物出版社,1985 年。

[20] 黑光等:《陕西绥德墕头村发现一批窖藏商代铜器》,《文物》1975 年第 2 期。

[21] 河北博物馆:《藁城台西商代遗址》第 19 页,文物出版社,1977 年。

[22] 陈振中:《青铜生产工具与奴隶制社会经济》第 77 页,中国社会科学出版社,1992 年。

[23] 何堂坤:《四川峨眉县战国青铜器的科学分析》,《考古》1986 年第 11 期。

[24] 高至喜:《湖南古代墓葬概况》,《文物》1960 年第 3 期。

[25] 刘庆柱:《陕西长武出土汉代铁锯》,《考古与文物》1982 年第 1 期,第 30 页。

[26] 李京华:《河南长葛汉墓出土的铁器》,《考古》1982 年第 3 期。

[27] 郭宝钧:《山彪镇与琉璃阁》第 42 页,科学出版社,1959 年。

[28] 河北省文物管理处:《河北省平山县战国时期中山国墓葬发掘简报》,《文物》1979 年第 1 期,第 11 页,6 号墓西库出土锉刀 2 件。

[29] 湖南省文物工作队:《长沙、衡阳出土战国时代的铁器》,《考古通报》1956 年第 1 期。

[30] 河北省文物局文化工作队:《燕下都第 22 号遗址发掘报告》,《考古》1956 年第 11 期,原报道第 570 页说,"Ⅳ 式匕形锥可能原来是铁锉一类工具"。

[31] 山东省文物管理处:《济南大辛庄商代遗址勘查纪要》,《文物》1959 年第 11 期。

[32] 新疆维吾尔自治区文化厅文物处等:《新疆哈密焉不拉克墓地》,《考古学报》1989 年第 3 期。

[33] 中国社会科学院考古研究所新疆工作队等:《新疆轮台县群巴墓葬第二、三次发掘简报》,《考古》1991 年第 8 期。

[34] 河南省文物研究所等:《登封王城岗与阳城》第 273 页,文物出版社,1992 年。

[35] 山西省文管会侯马工作站:《侯马东周时代烧陶窑址发掘纪要》,《文物》1959 年第 6 期。

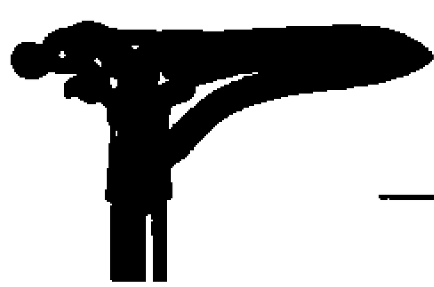
[36] 湖北省荆沙铁路考古队:《包山楚墓》(上)第 224 页,文物出版社,1991 年。

[37] 昌潍地区艺术馆等:《山东胶县三里河遗址发掘简报》,《考古》1977 年第 4 期。按:胶县三里河铜钻,又有学者谓之铜锥。

[38] 甘肃省博物馆:《武威皇娘娘台遗址发掘报告》,《考古学报》1960 年第 2 期。《武威皇娘娘台遗址第四次发掘》,《考古学报》1978 年第 4 期。

[39] 河北省文物研究所:《燕下都》(上)第 147 页,文物出版社,1996 年。

[40] 何堂坤等:《军都山山戎墓地青铜铸造技术初步考察》,《历史深处的民族科技之光》,



宁夏人民出版社，2003 年。

[41] 江西省文物考古研究所等:《江西新干大洋洲商墓发掘简报》，《文物》1991 年第 10 期。

[42] 詹开逊:《谈新干商墓出土的青铜农具》，《文物》1993 年第 7 期。

[43] 陈懋德:《中国发现之上古铜犁考》，《燕京学报》第 37 期，1949 年 12 月。铜犁为陈懋德家藏，传为河南、陕西间出土，原定为西周至战国间。

[44] 中航:《济南市发现青铜犁铧》，《文物》1979 年第 12 期。1973 年秋，济南市天桥区东街仓库拣选得到铜犁 1 件，对其具体年代未曾最后定论。同时拣得的还有商代直内铜戈、1 件铜锛、2 件残铜削。

[45] 李学勤:《新干大洋洲商墓的若干问题》，《文物》1991 年第 10 期。文章认为与大洋洲青铜犁相比较，济南出土的青铜犁很可能属于商代。

[46] 何洪源等:《济南市发现的青铜犁铧再探》，《农业考古》2001 年第 3 期。文章认为陈懋德所藏陕豫古犁、济南市 1973 年采集的古犁皆属商代晚期。

[47] 夏星南:《浙江长兴县出土吴越青铜农具》，《农业考古》2001 年第 3 期。

[48] 山西省文管会侯马工作站:《侯马北西庄东周遗址的清理》，《文物》1959 年第 6 期。

[49] 中国科学院考古研究所:《辉县发掘报告》，科学出版社，1956 年。

[50] 中国历史博物馆考古组:《燕下都城址调查报告》，《考古》1962 年第 1 期。

[51] 黄展岳:《关于中国开始冶铁和使用铁器的问题》，《文物》1976 年第 8 期。

[52] 今日所见关于“作服牛”者的资料多出自《世本》，但各家写法却略有不同。中华书局本《太平御览》卷八九九作“鲧作服牛”；文渊阁《钦定四库全书》本的《太平御览》卷八九九作“骸作服牛”；文渊阁《钦定四库全书》本《初学记》卷二九作“胲作服牛”。

[53] 转引自《说文解字》段玉裁注“犁”。

[54] 严文明:《论中国的铜石并用时代》，《史前研究》1984 年第 1 期。

[55] 湖南省博物馆:《长沙楚墓》第 286 页、521 页，文物出版社，2000 年。湖南省文物管理委员会:《长沙出土的三座大型木椁墓》，《考古学报》1957 年第 1 期。砝码原出 315 件，现存 49 套 234 件。每套砝码数不尽相同，为 1 ~ 9 枚不等。完整的一套为 1954 年长沙左家公山 15 号墓所出，新编号 M185:45；其天平杆为木质，扁条形，长 27 厘米，杆的中央有孔，穿一丝线做提纽；杆的两端 0.7 厘米处有两个直径为 4 厘米的铜盘；天平结构与杠杆原理完全相符。其砝码计 9 枚，重分别为 125 克、62 克、31 克、15.5 克、8.3 克、4.5 克、1.8 克、1.2 克、0.7 克，全套砝码重 250 克，应即当时的 1 斤。

[56] 寿县砝码见丘光明:《试论战国衡制》，《考古》1982 年第 5 期。巢湖砝码见张宏明:《谈谈巢湖市发现的楚国砝码》，《文物研究》第 7 辑，1991 年 12 月。

[57] 湖北省荆州地区博物馆:《江陵雨台山楚墓》第 88 页，文物出版社，1984 年。

[58] 高至喜:《湖南楚墓中出土的天平与砝码》，《考古》1972 年第 4 期。

[59] 湖北省文物考古研究所:《江陵九店东周墓》第 254 页，科学出版社，1995 年。

[60] 郭伟民:《沅陵楚墓新近出土铭文码小识》，《考古》1994 年第 8 期。

[61] 丘光明:《我国古代权衡器简论》，《文物》1984 年第 10 期。

[62] 卢本珊等:《铜岭商周矿用桔槔与滑车及其使用方式》，《中国科技史料》1996 年第 2 期。

[63] 卢本珊等:《铜岭商周矿用桔槔与滑车及其使用方法研究》，载江西省文物考古研究所等:《铜岭古铜矿遗址发现与研究》，江西科学技术出版社，1997 年。

[64] 李再华等:《瑞昌发现商周时期大型铜矿采掘遗址》，《中国文物报》1989 年 1 月 27 日第 1 版。铜岭商代滑车，文献 [64] 原称辘轳，原定为商代中期，今依文献 [62] [63] 改定

为滑车，改定为商代晚期。又，铜岭滑车编号和出土时间以文献［63］为准。再，"88 采:5 滑车"原未断代，因铜岭遗址断代为商代中期至春秋战国，故本人今将此滑车定为商周。

［65］原文见《战国策·楚策·庄辛谓楚襄王》：黄鹄"不知夫射者方将脩其芽盧，治其缯缴，将加已乎百仞之上，彼礛磻，引微缴，折清风而抎矣"。

［66］张德光:《山西绛县裴家堡墓清理简报》，《考古通讯》1955 年第 4 期。

［67］《全国基本建设工程出土的文物》图版三十二，《文物参考资料》1954 年第 9 期。

［68］李文信:《辽阳发现的三座壁画古墓》，《文物参考资料》1955 年第 5 期。

［69］任日新:《山东诸城汉墓画像石》，《文物》1981 年第 10 期。

［70］李趁友:《汉代的辘轳及其发展》，《农业考古》1984 年第 1 期。

［71］铜绿山考古发掘队:《湖北铜绿山春秋战国古矿井遗址发掘简报》，《文物》1975 年第 2 期（24 线老窿原断代为战国）。

［72］黄石市博物馆:《铜绿山——中国古矿冶遗址》，文物出版社，1980 年。

［73］黄石市博物馆:《铜绿山古矿冶遗址》，文物出版社，1999 年。

按：铜绿山绞车，文献［71］原定为辘轳，断代为战国。文献［72］把它定为西汉遗物；文献［74］依然定为辘轳（第 131 页），断代战国至西汉（第 135 页）。今依文献［62］改定为绞车，定为东周物。

［74］卢本珊:《商周采矿技术》，《中国科学技术史国际学术讨论会论文集》，中国科学技术出版社，1992 年。

［75］杨永光等:《铜绿山古铜矿开采方法研究》（续），《有色金属》1981 年第 1 期。

［76］《吕氏春秋·精谕》:"周鼎著倕而齕龁其指。"高诱注云:"倕，尧之巧工也。"但《世本》、《玉篇》、《广韵》皆云倕为黄帝时人。

［77］叶万松:《从洛阳西周铸铜遗址出土的陶范熔铜炉壁谈西周前期的青铜铸造工艺》，冶金史国际学术讨论会论文，1981 年，北京。

［78］何堂坤:《刻纹铜器科学分析》，《考古》1993 年第 5 期。

［79］陈耀钧:《浅谈江陵楚墓出土的青铜剑》，《考古与文物》1984 年第 2 期。

［80］于少先等:《陈家墩遗址出土一批商代木器——测量工具木垂球和觇标墩为中国科学史上的一项重大发现》，《中国文物报》1994 年 3 月 27 日。

［81］李俨:《中国古代数学史料》第 10 页，科学出版社，1956 年。

［82］钱宝琮主编:《中国数学史》第 15 页，科学出版社，1981 年。

［83］林寿晋:《战国细木工榫接合工艺研究》，香港中文大学出版社，1981 年。

［84］河南省文物研究所等:《淅川下寺春秋墓》第 19 页、43 页、185 页、289 页、304 页，文物出版社，1991 年。文中把 10 号墓出土的 3 件定为 I 式，疑为 II 式之误，今归为 II 式。

［85］湖北省宜昌地区博物馆:《当阳曹家岗 5 号楚墓》，《考古学报》1988 年第 4 期。

［86］湖北省荆沙铁路考古队:《包山楚墓》（上）第 118～122 页，文物出版社，1991 年。

［87］河南省文物研究所等:《淅川下寺春秋墓》第 22 页、46 页、194 页，文物出版社，1991 年。

［88］安徽省文物管理委员会:《寿县蔡侯墓出土遗物》，科学出版社，1956 年。

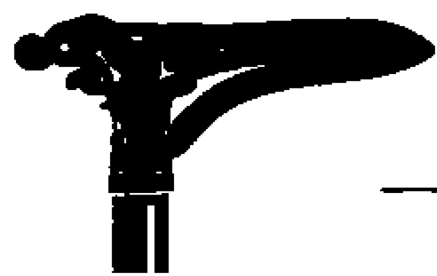
［89］河南省文物研究所等:《淅川下寺春秋墓》第 194 页、324 页，文物出版社，1991 年。

［90］黄盛璋：《中西古锁丛谈》，《文物天地》1994 年第 3 期。洛阳金村古锁并见 W. C. White, Tombs of Old Luoyang.

［91］信阳地区文管会等:《河南光山春秋季佗父墓发掘简报》，《考古》1989 年第 1 期。

［92］湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 451 页，文物出版社，1989 年。

［93］安徽省六安县文物管理所:《安徽六安县城西窑厂 2 号楚墓》，《考古》1995 年第 2 期。



[94] 吉林省文物工作队:《吉林桦甸西荒山屯青铜短剑墓》，《东北考古与历史》1982 年第 1 期。

[95] 石璋如:《小屯殷代的成套兵器》，《历史语言研究所集刊》第 30 本，1950 年台北版。

[96] 唐兰:《“弓形器”（铜弓柲）用途考》，《考古》1973 年第 3 期。

[97] 中国科学院考古研究所洛阳发掘队:《河南偃师二里头遗址发掘简报》，《考古》1965 年第 5 期。

[98] 中国社会科学院考古研究所实验室:《殷墟金属器物成分的测定报告（一）》，《考古学集刊》(2)，1982 年。

[99] 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 295 ~ 296 页，文物出版社，1989 年。

[100] 刘熙:《释名・释兵》云：弓“末曰簫；言簫，稍也，又谓之弭。以骨为之，滑弭弭也。中央曰弣；弣，抚也，人所抚持也”。

[101] 高至喜:《记长沙、常德出土弩机的战国墓——兼谈有关弩机、弓矢的几个问题》，《文物》1964 年第 6 期。

[102] 陈跃钧:《江陵楚墓出土双矢并射连发弩研究》，《文物》1990 年第 5 期。

[103] 镇江市博物馆:《江苏武进孟河战国墓》，《考古》1984 年第 2 期。

[104] 洛阳博物馆:《洛阳中州路战国车马坑》，《考古》1974 年第 3 期。

[105] 河北省文物管理处:《河北易县燕下都 44 号墓发掘报告》，《考古》1975 年第 4 期。

[106] 山东省文物考古研究所:《曲阜鲁国故城》第 154 页，齐鲁书社，1982 年。弩机属战国早期。

[107] 四川省文物管理委员会:《成都羊子山第 172 号墓发掘报告》，《考古学报》1956 年第 4 期。

[108] 四川省博物馆等:《四川涪陵地区小田溪战国土坑墓清理简报》，《文物》1974 年第 5 期。

[109] 辽宁省文物考古研究所:《辽宁近十年来文物考古新发现》，《文物考古工作十年(1979 ~ 1989)》第 61 页，文物出版社，1990 年。

[110] 中国社会科学院考古研究所河南第二工作队:《偃师商城获重大考古新成果》，《中国文物报》1996 年 12 月 8 日。

[111] 郑若葵:《论中国古代马车的渊源》，《华夏考古》1995 年第 3 期；从不完整的车坑、马坑遗迹和甲骨文看，用车之事在殷墟一、二期已相当普遍。

[112] 马得志:《一九五三年安阳大司空村发掘报告》，《考古学报》第九册，1955 年。

[113] 中国科学院考古研究所安阳工作队:《安阳新发现的殷代车马坑》，《考古》1972 年第 4 期。

[114] 中国科学院考古研究所安阳发掘队:《安阳殷墟孝民屯的两座车马坑》，《考古》1977 年第 1 期。

[115] 中国社会科学院考古研究所安阳工作队:《1969 ~ 1972 年殷墟西区墓葬发掘报告》，《考古学报》1979 年第 1 期。

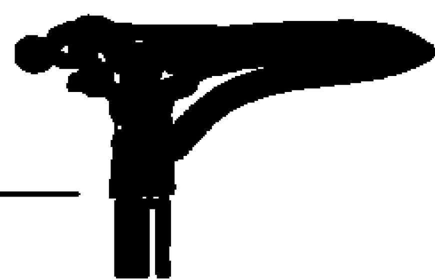
[116] 中国社会科学院考古研究所:《殷墟的发掘与研究》，科学出版社，1994 年。

[117] 中国科学院考古研究所:《沣西发掘报告》，文物出版社，1962 年。

[118] 中国科学院考古研究所沣西发掘队:《1967 年长安张家坡西周墓的发掘》，《考古学报》1980 年第 4 期。

[119] 琉璃河考古工作队:《北京附近发现的西周奴隶殉葬墓》，《考古》1974 年第 5 期。

[120] 山东省昌潍地区文物管理组:《胶县西庵遗址调查试掘简报》，《文物》1977 年第 4 期。



[121] 甘肃省博物馆文物队:《甘肃灵台白草坡西周墓》,《考古学报》1977年第2期。

[122] 中国科学院考古研究所:《上村岭虢国墓地》,科学出版社,1959年。

[123] 河南省文物研究所等:《淅川下寺春秋墓》第24页、26页、47页、49页、208页、210页、292页、307页,文物出版社,1991年。

[124] 山西省考古研究所等:《太原金胜村251号春秋大墓及车马坑发掘简报》,《文物》1989年第9期。

[125] 中国科学院考古研究所:《辉县发掘报告》,科学出版社,1956年。

[126] 杨泓:《战车与车战》,《中国古兵器论丛》,文物出版社,1980年。

[127] 杨英杰:《先秦战车形制考述》,《辽宁师大学报》(社会科学版)1984年第2期。

[128] 杨宝成:《殷代车子的发现与复原》,《考古》1984年第6期。

[129]《周礼正义·冬官考工记》注引。

[130] 郭宝钧:《辉县发掘中的历史参考资料》,《新建设》1954年第3期。

[131] 杜正国:《"考工记"中的力学和声学知识》,《物理通报》1965年第6期。

[132] 吴振锋等:《陕西凤翔八旗屯秦国墓葬发掘简报》,《文物资料丛刊》(3),1980年。

[133] 孙机:《中国古代马车的系驾法》,《自然科学史研究》,1984年第2期。河南省文物研究所藏资料。

[134] 沈从文:《中国古代服饰研究》,第32页,香港商务印书馆,1982年。

[135] 王永波:《胶东半岛上发现的古代独木舟》,《考古与文物》1987年第5期。

[136] 戴开元:《中国古代的独木舟木船的起源》,《船史研究》1985年第1期。据^{14}C年代测定,独木舟距今为2890±90年。

[137] 谢春祝:《奄城发现战国时期的独木舟》,《文物参考资料》1958年第11期。

[138] 温少峰等:《殷墟卜辞研究——科技篇》第270页,四川社会科学出版社,1983年。

[139] 王冠倬:《从文物资料看中国古代造船技术的发展》,《中国历史博物馆馆刊》总第5期,1983年。

[140]《尚书正义》,《十三经注疏》第一七〇页,中华书局,1980年。

[141] 武进县文化馆等:《江苏武进县出土汉代木船》,《考古》1982年第4期。

[142]《太平御览》卷七六八引《六韬》曰:"吕尚为将,以四十七艘舡济于河。"

[143] 山东省博物馆等:《山东平度隋船清理简报》,《考古》1979年第2期。

[144]《文物考古工作三十年(1949~1979)》第234页,文物出版社,1979年。

[145]《太平御览》卷七七〇引《越绝书》。

[146]《太平御览》卷三一五引《越绝书》。

[147] 郭宝钧:《山彪镇与琉璃阁》第18页,科学出版社,1959年。

[148] 四川省博物馆:《成都百花潭中学十号墓发掘记》,《文物》1976年第3期,图版式。

[149] 杜恒:《试论百花潭嵌错图像铜器》,《文物》1976年第3期。文后附"故宫所藏铅壶花纹拓片"。

[150] 孙机:《关于"棘"字铭船形纹戈》,《商周青铜兵器暨夫差剑特展论文集》(《史物丛刊》第10辑),国立历史博物馆,1996年,台湾。

[151] 河北省文物管理处:《河北省平山县战国时期中山国墓葬发掘简报》,《文物》1979年第1期。第4页:南室东西并列三只大船,南北各有一只小船,有的船上有桨,大船船板用铁箍联拼,用铅皮补缝。

[152] 河南省文物研究所:《信阳孙砦遗址发掘报告》,《华夏考古》1989年第2期。1959~1960年,孙砦西周遗址在出土石器、陶范、青铜器的同时,还出土了6件木桨。桨用木板制成,只有1件稍好,其余多已残损。器身呈长方形,前端作剑锷形,脊部有棱线.两侧稍薄,器身

与今游艇的木桨相似。其中标本“坑7:6”，一端残，柄细长，通长133厘米、桨身长53厘米、桨身宽7.5厘米。文献［150］说其中有桨、有橹。

［153］《文物考古工作十年（1979～1989)》第181页，文物出版社，1990年。

［154］邯郸市文物保管所:《河北邯郸市区古遗址调查简报》,《考古》1980年第2期。报道说有“大小石磨、石臼、石锤等”。

［155］陕西省文物管理委员会:《秦都栎阳遗址初步调查记》,《文物》1966年第1期。

［156］秦俑坑考古队:《临潼郑庄秦石料加工场遗址调查简报》，《考古与文物》1981年第1期。

［157］《墨子閒诂》第198页，《诸子集成》本，河北人民出版社，1986年。

［158］洪震寰:《墨经力学综述》,《科学史集刊》（7)，1964年。徐克明:《墨家的物理学研究》,《科技史文集》第12辑，1984年。《墨子閒诂》“经下”（第198页)、“经说下”（第228页）对挈、沈、具的解释与此略有不同。

第五节　古代机械纺织技术的初步形成

［1］中国科学院考古研究所洛阳发掘队:《河南偃师二里头遗址发掘简报》,《考古》1965年第5期，并见《偃师二里头——1959～1978年考古发掘报告》第137页，二里头二期墓葬出土的铜铃上有布纹。

［2］中国科学院考古研究所二里头工作队:《偃师二里头遗址新发现的铜器和玉器》，《考古》1976年第4期。

［3］中国社会科学院考古研究所二里头工作队:《1987年偃师二里头遗址墓葬发掘简报》,《考古》1992年第4期。在铜铃M57:3上，至少包有两层纺织品，属二里头四期。

［4］《史记·殷本纪》“从先王居”唐张守节“正义”云:“亳，偃师城也，商邱宋州也。汤即位都南亳后徙西亳也。”

［5］《后汉书》卷七“桓帝纪”唐章怀太子李贤注“倾宫虽积皇身靡续”引《帝王纪》。《二十五史》第788页第3栏，上海古籍出版社等，1986年。

［6］《周礼·天官》:“女御。掌叙于王之燕寝。”“女祝，掌王后之内祭祀。”“女史，掌王后之礼职。”故可推测“女蚕”为管理蚕桑之女官。

［7］河北省文物研究所:《藁城台西商代遗址》第88页、145页，文物出版社，1985年。李济:《记小屯出土之青铜器》,《中国考古学报》第四册，1949年。马得志等:《一九五三年安阳大司空村发掘报告》,《考古学报》第九册，1955年。

［8］郭宝钧:《一九五〇年殷墟发掘报告》,《考古学报》第五期第19页，1951年。

［9］中国社会科学院考古研究所:《殷墟发掘报告（1958～1961)》第278页，文物出版社，1987年。

［10］古丝绸文物复制研究组:《舞人动物纹锦等五件古丝绸文物科研复制技术报告》，《中国历史博物馆馆刊》总第17期，1992年。

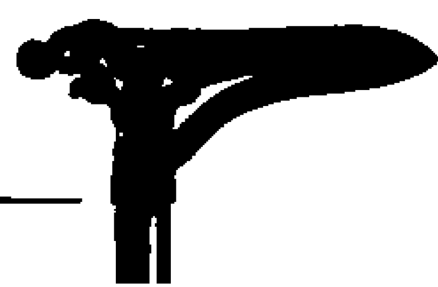
［11］《国语·齐语》“管仲对齐桓公”。

［12］福建省博物馆等:《福建崇安武夷山白岩崖洞清理简报》,《福建文博》1980年第2期，并见《文物》1980年第6期。对此崖墓的年代，也有人认为是春秋时期，存疑。本书暂依旧报道之说。

［13］林忠干等:《福建古代纺织史略》,《丝绸史研究》1986年第1期。

［14］陈维稷:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第147～148页，科学出版社，1984年。

［15］曾凡等:《关于武夷山船棺的调查和初步研究》,《文物》1980年第6期。



[16] 农林部棉产改进处编:《胡竟良先生棉业论文选集》第2页、4页，中国棉业出版社，1948年。

[17] 陈炳应主编:《中国少数民族科学技术史丛书·纺织卷》第22页，广西科学技术出版社，1996年。

[18] 邝露:《赤雅》，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第236碟。

[19]《禹贡》,《十三经注疏》本。

[20] 赵承泽等:《关于西周丝织品（岐山和朝阳出土）的初步探讨》,《北京纺织》1979年第2期。

[21] 陈维稷:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第50页，科学出版社，1984年。

[22] 原出自布目顺郎:《蚕丝の起源と古代绢》第221页，雄山阁，1979年。转引自文献[21]。

[23] 王若愚:《从台西村出土的商代织物和纺织工具谈当时的纺织》,《文物》1979年第6期。

[24] 江西省历史博物馆等:《江西贵溪崖墓发掘》,《文物》1980年第11期。

[25] 李科友:《贵溪崖墓》，文物出版社，1990年。李科友等:《试论东周时期干越族的纺织技术》,《中国少数民族科技史研究》第六辑，内蒙古人民出版社，1991年。

[26] 陈维稷:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第161页，科学出版社，1984年。

[27] 王裕中等:《中国毛纺织发展简史——中国羊毛纺织渊源再探》,《中国纺织科技史资料》第15集，北京纺织科学研究所，1983年，内部资料。

[28] 新疆维吾尔自治区文化厅文物处等:《新疆哈密焉不拉克墓地》,《考古学报》1989年第3期。

[29] 青海省文物管理委员会等:《青海都兰县诺木洪搭里他里哈遗址调查与试掘》,《考古学报》1963年第1期。

[30] 中国社会科学院考古研究所编:《中国考古学中碳十四年代数据集（1965~1981年)》,文物出版社，1983年。

[31] 原分析报告见浙江省文物管理委员会:《吴兴钱山漾遗址第一、二次发掘报告》附录二,《考古学报》1960年第2期。

[32] 高汉玉等:《台西村商代遗址出土的纺织品》,《文物》1979年第6期。

[33] 熊传新:《长沙新发现的战国丝织物》,《文物》1975年第2期。

[34] 中国科学院考古研究所:《长沙发掘报告》第64页，科学出版社，1957年。

[35] 北京市文物管理处:《北京市平谷县发现商代墓葬》,《文物》1977年第11期。

[36] 中国社会科学院考古所新疆队等:《新疆和静县察吾乎沟口一号墓地》,《考古学报》1988年第1期。

[37] 王若愚:《浅述河北纺织业上的几项考古发现》,《中国纺织科技史资料》第5辑。

[38] 赵承泽:《中国古代纺织生产中的“梱”和贯》,《自然科学史研究》1984年第1期。

[39] 安徽省文物工作队:《安徽南陵县麻桥东吴墓》,《考古》1984年第11期。

[40]《古列女传》卷一，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第222碟。杓，“四库”本作均。樀，“四库”本作摘。

[41] 夏鼐:《我国古代蚕、桑、丝、绸的历史》,《考古》1972年第2期。

[42] 陈维稷:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第59页，科学出版社，1984年。

[43] 赵丰:《“敬姜说织”与双轴织机》,《中国科技史料》1991年第1期。

[44] 云南省博物馆:《云南江川李家山古墓群发掘报告》,《考古学报》1975年第2期。王大道等:《云南青铜时代纺织初探》,《中国考古学会第一次年会论文集》，文物出版社，1980年。

[45] 高汉玉等:《随县曾侯乙墓出土的丝织品和刺绣》,《丝绸史研究》1981 年第 1、2 期。

[46] 陈维稷:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 69 页,科学出版社,1984 年。

[47] 张松林、高汉玉:《荥阳青台遗址出土丝麻织品观察与研究》,《中原文物》1999 年第 3 期。

[48] 陈维稷:《中国纺织科学技术史(古代部分)》,科学出版社,1984 年。台西见第 74 页,岐山见第 72 页。

[49] 贾兰坡:《山顶洞人》第 72 页,龙门联合书局,1951 年。

[50] 陈娟娟:《两件有丝织品花纹印痕的商代文物》,《文物》1979 年第 12 期。

[51] 陈维稷:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 77 页,科学出版社,1984 年。

[52] 原报道见文献 [33] 第 50~51 页,关于"粘合剂"的鉴定并见文献 [14] 第 85 页。

[53]《周礼正义》第三册,第六七八页,中华书局,1987 年。

[54]《周礼正义》第四册,第一二一五页,中华书局,1987 年。

[55] 文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 113 碟。

[56] 解玉林等:《周—汉毛织品上红色染料主要成分的鉴定》,《文物保护与考古科学》2001 年第 1 期。

[57]《本草纲目》卷十六"草部·荩草·释名"。

[58] 清王夫之:《楚辞通释》第一一页,中华书局,1959 年。

[59] 熊樱菲等:《周—汉毛织品的染色工艺探讨》,《文物保护与考古科学》2002 年第 1 期。这些样品分属西周和汉代,至于哪件属西周,哪件属汉代,由于多种原因,原分析报告未曾说明。

[60] 刘诗中等:《贵溪崖墓所反映的武夷山地区古越族的族俗及文化特征》,《文物》1980 年第 11 期。

[61] 陈维稷:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 87 页,科学出版社,1984 年。

[62] 宋育哲:《网版印刷探源》,《中国古代印刷史学术讨论会文集》,印刷工业出版社,1996 年。

[63]《周礼正义》第十三册,第 3305 页,中华书局,1987 年。

[64] 袁宣萍:《略论绉类丝织物的起源和发展》,《丝绸史研究》1988 年第 3 期。

[65] 陈维稷:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 96~97 页,科学出版社,1984 年。

[66] 李也贞:《试论绫锦绮的命名依据》,《中国丝绸史学术讨论会论文汇编》,浙江丝绸工学院丝绸史研究室编,1984 年 1 月,内部资料。

[67] 湖南省博物馆等:《长沙楚墓》第 213~217 页,文物出版社,2000 年。

[68] 高汉玉:《江陵望山楚墓出土的织锦和刺绣》,《丝绸史研究》1989 年第 2 期。

[69] 屠恒贤等:《古代织锦的研究》,《中国丝绸史学术讨论会论文汇编》,浙江丝绸工学院丝绸史研究室编,1984 年 1 月,内部资料。

[70] 徐国华:《我国古代机织物的组织结构》,《丝绸史研究》1986 年第 1 期。

[71] 河南省文物研究所:《信阳孙砦遗址发掘报告》,《华夏考古》1989 年第 2 期。

[72] 赵丰:《古代纺织品研究》,《中国考古学年鉴(1991)》,文物出版社,1992 年。

[73] 上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》第 29~33 页,文物出版社,1980 年。

[74] 湖北省荆州地区博物馆:《江陵马山一号楚墓》第 33~34 页,文物出版社,1985 年。

[75] 中国社会科学院考古研究所新疆队等:《新疆和静县察吾乎口二号墓地发掘简报》,《考古》1990 年第 6 期。

[76] 新疆文物考古研究所等:《新疆哈密市艾斯克霞尔墓地的发掘》,《考古》2002 年第

6期。

［77］夏鼐:《新疆发现的古代丝织品——绮、锦和刺绣》,《考古学报》1963年第1期。

［78］李也贞等:《有关西周丝织和刺绣的重要发现》,《文物》1976年第4期。1975年发现。

［79］高至喜:《长沙烈士公园3号木椁墓清理简报》,《文物》1959年第10期。

［80］《中国美术全集·印染织绣》,文物出版社,1987年。

［81］荆州地区博物馆:《湖北江陵马山砖厂一号墓出土大批战国丝织品》,《文物》1982年第10期。

第六节 髹漆技术的发展

［1］中国社会科学院考古研究所二里头工作队:《1981年河南偃师二里头墓发掘简报》,《考古》1984年第1期。

［2］中国社会科学院考古研究所二里头(工作)队:《1980年秋河南偃师二里头遗址发掘简报》,《考古》1983年第3期。

［3］中国社会科学院考古研究所二里头工作队:《1984年秋河南偃师二里头遗址发现的几座墓葬》,《考古》1986年第4期。

［4］中国社会科学院考古研究所:《大甸子—夏家店下层文化遗址与墓地发掘报告》,科学出版社,1996年。

［5］王世襄:《中国古代漆工杂述》,《文物》1979年第3期。

［6］河北省博物馆等台西发掘小组:《河北藁城县台西村商代遗址1973年的重要发现》,《文物》1974年第8期。

［7］河北省文物管理处台西考古队:《河北藁城台西村商代遗址发掘简报》,《文物》1979年第6期。

［8］河北省博物馆等:《藁城台西商代遗址》,文物出版社,1977年。

［9］湖北省博物馆等盘龙城发掘队:《盘龙城一九七四年度田野考古纪要》,《文物》1976年第2期。并见文献［30］。

［10］梁思永等:《侯家庄·1001号大墓》图37。中研院历史语言研究所,1962年。

［11］郭宝钧:《一九五○年春殷墟发掘报告》,《中国考古学报》第五册,1951年。并见《中国考古学报》第二册(1937年)、《考古学报》1979年第1期相关报道。

［12］石璋如:《殷墟最近之重要发现附论小屯地层》,《中国考古学报》第二册。

［13］中国科学院考古研究所安阳发掘队:《1958～1959年殷墟发掘简报》,《考古》1961年第2期。

［14］中国社会科学院考古研究所安阳发掘队:《1969～1977年殷墟西区墓葬发掘报告》,《考古学报》1979年第1期。

［15］罗勋章:《刘家店春秋墓琐考》,《文物》1984年第9期。《文物》1972年第8期不曾提及苏埠屯漆器。

［16］文物编辑委员会:《文物考古工作三十年(1949～1979)》,"山东省"部分,第191页;"甘肃省"部分,第144页、145页;文物出版社,1979年。

［17］胡秉华:《滕县前掌大村商代墓葬》,《中国考古学年鉴(1986)》,文物出版社。

［18］文物编辑委员会:《文物考古工作十年(1979～1989)》第169页,"山东省"部分,文物出版社,1990年。

［19］信阳地区文管会等:《河南罗山县蟒张商代墓地第一次发掘简报》,《考古》1981年第2期。

［20］河南信阳地区文管会等:《罗山天湖商周墓地》,《考古学报》1986年第2期,有髹漆木碗、木豆。欧潭生:《河南罗山县天湖出土的商代漆木器》,《考古》1986年第9期。

［21］郭宝钧:《浚县辛村》,科学出版社,1964年。出土有各种形状的蚌片,当系螺钿漆器之装饰。

［22］中国科学院考古研究所:《上村岭虢国墓地》,科学出版社,1959年。

［23］洛阳市博物馆:《洛阳庞家沟五座西周墓的清理》,《文物》1972年第10期。

［24］中国科学院考古研究所:《沣西发掘报告》,文物出版社,1962年。

［25］中国社会科学院考古研究所沣西发掘队:《1967年长安张家坡西周墓葬的发掘》,《考古学报》1980年第4期。

［26］中国社会科学院考古研究所等琉璃河考古队:《1981年~1983年琉璃河西周燕国墓地发掘简报》,《考古》1984年第5期。

［27］中国社会科学院考古研究所、北京市文物研究所:《北京琉璃河1193号大墓发掘简报》,《考古》1990年第1期。

［28］安徽省文化局文物工作队:《安徽屯溪西周墓发掘报告》,《考古学报》1959年第4期。

［29］中国科学院考古研究所湖北发掘队:《湖北蕲春毛家嘴西周木构建筑》,《考古》1962年第1期。

［30］郭维德:《我国先秦时期漆器发展探讨》,《江汉考古》1988年第3期。

［31］宜昌地区博物馆:《湖北当阳赵巷4号春秋墓发掘简报》,《文物》1990年第10期。固始侯古堆一号墓发掘组:《河南固始侯古堆一号墓发掘简报》,《文物》1981年第1期。

［32］湖北省博物馆:《曾侯乙墓》,文物出版社,1989年。

［33］湖北省荆州地区博物馆:《江陵天星观1号楚墓》,《考古学报》1982年第1期。

［34］湖北省文物考古研究所:《江陵望山沙塚楚墓》第79~86页、第143~153页、第186~190页、第206页、第348~353页,文物出版社,1996年。湖北省文化局文物工作队:《湖北江陵三座楚墓出土大批重要文物》,《文物》1966年第5期。

［35］湖北省荆州地区博物馆:《江陵雨台山楚墓》,文物出版社,1984年。出土漆木器20多种900多件,此外还有经过髹漆的竹弓、矢箙、盾、伞、戈鞘、戈、柲、矛柄等。

［36］湖南省博物馆:《湖南常德德山楚墓发掘报告》,《考古》1963年第9期。出土漆奁两件,一件为木胎,一件夹纻胎。

［37］河南省文物研究所:《信阳楚墓》,文物出版社,1986年。

［38］四川省文物管理委员会:《成都羊子山第172号墓发掘报告》,《考古学报》1956年第4期。

［39］山东省博物馆:《临淄郎家庄一号东周殉人墓》,《考古学报》1977年第1期。

［40］山西省文物管理委员会:《山西长治市分水岭古墓清理》,《考古学报》1957年第1期。

［41］边成修:《山西长治分水岭126号墓发掘简报》,《文物》1972年第4期。

［42］张先得:《北京丰台区出土战国铜器》,《文物》1978第3期。

［43］葛季芳:《云南出土漆器和传世雕漆》,《云南文物》2001年第1期。

［44］河北省文物管理处:《河北省平山县战国时期中山国墓葬发掘简报》,《文物》1979年第1期。

［45］此廿九年漆樽原出自《长沙古物闻见录》,多年来学术界对此器的制作地存在不同看法。并见马文宽:《谈战国时期的漆器》,《中国历史博物馆馆刊》总第3期,1981年。

［46］李正光等:《长沙沙湖桥一带古墓发掘报告》,《考古学报》1957年第4期。

［47］湖南省文物管理委员会:《长沙杨家湾M006号墓清理简报》,《文物参考资料》1954年第12期。湖南省文物管理委员会:《长沙出土的三座大型木椁墓》,《考古学报》1957年第



1 期。

[48] 孝感地区第二期亦工亦农文物考古训练班:《湖北云梦睡虎地十一号秦墓发掘简报》,《文物》1976 年第 6 期。

[49] 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 353 页,文物出版社,1989 年。

[50] 郭德维:《我国先秦时期漆器发展试探——兼论曾侯乙墓漆器的特点》,《江汉考古》1988 年第 3 期。

[51] 陈振裕:《湖北出土战国秦汉漆器综论》,《迎接二十一世纪的中国考古学》(国际学术讨论会论文集),科学出版社,1998 年。

[52]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。此书为明庆隆黄成著(名《髹饰录》),明天启杨明注,今人王世襄解说。今引为黄成原文,第 163 页。

[53] 吴铭生:《长沙楚墓出土的漆器》,《文物参考资料》1957 年第 7 期。

[54]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。第 25 页,黄成原文。

[55]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。杨明注和王世襄解说,皆见第 25 页。

[56] 荆州地区博物馆:《湖北江陵藤店一号墓发掘简报》,《文物》1973 年第 9 期。

[57] 湖北省荆沙铁路考古队:《包山楚墓》,文物出版社,1991 年。2 号墓:人甲第 216 页,马甲第 219 页,漆盾第 213 页,铜樽 189 页。4 号墓:人甲第 304 页。

[58] 湖南省博物馆:《长沙浏城桥一号墓》,《考古学报》1972 年第 1 期。

[59] 四川省博物馆等:《四川新都战国木椁墓》,《文物》1981 年第 6 期。

[60] 后德俊:《夹纻胎漆器出现原因初析》,《中国文物报》1995 年 11 月 26 日第 3 版。

[61] 湖北省文物考古研究所:《江陵九店东周墓》,文物出版社,1995 年。

[62] 陈振裕:《先秦漆器概述》,《楚文化与漆器研究》,科学出版社,2003 年。

[63] 李亚东:《古代巴蜀的油漆技术》,《大自然探索》1983 年第 3 期。

[64] 云梦县文物工作组:《云梦珍珠坡一号楚墓发掘报告》,《考古学集刊》(1),1981 年。

[65]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。今引杨明注,见第 76 页、第 93 页。

[66]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。黄成原文,“描金”见第 85 页。

[67] 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 28 页、369 页,文物出版社,1989 年。

[68] 湖北省荆沙铁路考古队:《包山楚墓》第 140 页,文物出版社,1991 年。

[69] 湖北省博物馆:《襄阳山湾东周墓葬发掘报告》,《江汉考古》1983 年第 2 期。

[70] 陈允敦、李国清:《薄金工艺及其交流》,1982 年 2 月泉州海交史学术讨论会文。1982 年 2 月 23 日,本人曾到福州市金银工艺品厂参观了该厂的金箔工艺,所见与此文所述基本一致。这类金箔,用口轻轻一吹,便会扬起。

[71] 殷墟金箔厚度见北京钢铁学院冶金史编写小组:《中国冶金简史》第 34 页,科学出版社,1978 年。

[72] 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 390~399 页,文物出版社,1989 年。

[73]《中国美术全集·工艺美术编 8·漆器》,文物出版社,1989 年。

[74]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。第 33 页、101 页,黄成原意。

[75]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。第 101~105 页,王世襄解说。

[76] 王巍:《关于西周漆器的几个问题》,《考古》1987 年第 8 期。

[77] 周南泉:《螺钿源流》,《故宫博物院院刊》1981 年第 1 期。

[78] 殷玮璋:《记北京琉璃河遗址出土的西周漆器》,《考古》1984 年第 5 期。

[79] 石兴邦:《长安普渡村西周墓葬发掘记》,《考古学报》1954 年第 8 期。

[80]《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。第 144 页、第 159 页,黄成原文。

[81] 中国社会科学院考古研究所夏商周考古研究室:《考古研究所夏商周考古二十年》,

《考古》1997年第8期第24页。

[82]《髹饰录解说》，文物出版社，1983年。第95～96页，王世襄解说。

[83]河南省文物研究所等:《淅川下寺春秋墓》第28页，文物出版社，1991年。

[84]湖北省博物馆:《湖北省文物考古工作新收获》，《文物考古工作三十年（1949～1979)》第302页。文物出版社，1979年。

第七节　玻璃技术的发明和初步发展

[1]朱晟:《中国玻璃考》,《中国科技史料》1983年第1期。

[2]原出 H. C. Beck, C. G. Seligman, Nature. Vol. 133, No. 6, P. 982, 1934. C. G. Seligman, P. D. Ritchie, H. C. Beck, The Museum of Far Eastern Antiguities, No. 10 (1938). 今转引自文献[3]。

[3]干福熹:《中国古代玻璃研究概况》,《中国古玻璃研究（1984年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》，中国建筑工业出版社，1986年。

[4]袁翰青:《我国化学工艺史中的制造玻璃问题》，《中国化学学会1957年度报告会论文摘要》第80～81页。

[5]王世雄:《宝鸡、扶风出土的西周玻璃的鉴定与研究》,《中国古玻璃研究（1984年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》，中国建筑工业出版社，1986年。

[6]干福熹等:《中国古玻璃化学组成的演变》,《中国古玻璃研究（1984年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》，中国建筑工业出版社，1986年。

[7]中国科学院考古研究所:《洛阳中州路（西工区)》，科学出版社，1959年。出土料珠的816号墓可能属于穆王时期。

[8]洛阳博物馆:《洛阳庞家沟五座西周墓的清理》,《文物》1972年第10期。庞家沟54号墓属西周早期，出土有料珠。

[9]杨伯达:《西周玻璃的初步研究》,《故宫博物院院刊》1980年第2期。北吕三座墓出土有料质管珠，云塘西周晚期5号墓出土有料质项链，岐山县贺家山47号西周早期墓出土有料质管。

[10]中国科学院考古研究所:《沣西发掘报告》，科学出版社，1962年。183号西周墓出土有料珠。

[11]宝鸡茹家庄西周墓发掘队:《陕西省宝鸡市茹家庄西周墓发掘简报》，《文物》1976年第4期。强伯墓出土有料质管珠。

[12]山东省文物考古研究所:《曲阜鲁国故城》第178页、226页、227页，齐鲁书社，1982年。所出料器共25件（52号墓12件、58号墓13件)，其中19件为“蜻蜓眼”式料珠。

[13]中国科学院考古研究所:《上村岭虢国墓地》，科学出版社，1959年。

[14]河南文物研究所等:《三门峡虢国墓》（文物出版社，1999年）第450页载，墓M2119椁盖板上出土料管一串，M2118的红玛瑙珠串饰之间有料珠间隔的痕迹，此两墓皆定为西周晚期。

[15]扶风县博物馆:《扶风北吕周人墓地发掘简报》,《文物》1984年第7期。

[16]张福康等:《中国古琉璃的研究》,《硅酸盐学报》1983年第1期。

[17]史美光等:《青海大通县出土汉代玻璃的研究》，《文物保护与考古科学》1990年第2期。

[18]《穆天子传》卷四，晋葛璞注。文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第336碟。

[19] 夏商周断代工程专家组:《夏商周断代工程 1996~2000 年阶段成果报告》，世界图书出版社公司。

[20] 崔墨林:《吴王夫差剑的考究》,《中原文物》1981 年特刊。

[21] 石碧:《原子考古》,《科学园地报》1982 年 12 月 3 日第 2 版。

[22] 史美光等:《春秋玻璃珠和平山战国玻璃的研究》，河北省文物研究所:《嚳墓——战国中山国国王之墓》，文物出版社，1996 年。安徽亳县柴家沟 M16 出土蜻蜓眼式玻璃珠计约 9 颗，分析过的 1 颗为铅钡玻璃，原断代为春秋晚期，但也有人认为其属战国，今暂依后说。江川李家山春秋晚期钾玻璃珠见《硅酸盐学报》1986 年第 3 期史美光等文。

[23] 高至喜:《论我国春秋战国的玻璃器及有关问题》,《文物》1985 年第 12 期。

[24] 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 424~425 页，文物出版社，1989 年。此书原报道有料珠 173 枚，玻璃珠（E. C. 11:275E）1 枚。在 174 枚料珠、玻璃珠中，做过定量分析和 X 射线衍射结构分析的只有 1 枚（E. C. 11:240），定成了料器。玻璃珠 E. C. 11:275 未做过科学分析。另有两类料珠，后德俊于 1984 年和 1996 年分别对它们进行过 X 荧光定性分析和密度测定，定成了钾钙玻璃和钾玻璃。做过密度测定的 4 件料珠是：E. C. 11:259、E. C. 11:179、E. C. 11:135、E. C. 11:207。

[25] 夏鼐:《汉代的玉器——汉代玉器中传统的延续和变化》,《考古学报》1983 年第 2 期。

[26] 湖南省博物馆等:《长沙楚墓》第 333 页，彩版肆拾叁，文物出版社，2000 年。

[27] 后德俊:《先秦和汉代的古代玻璃技术》，载干福熹主编:《中国古代玻璃技术的发展》，上海科学技术出版社，2005 年。九店料珠外壳资料见湖北省文物考古研究所:《江陵九店东周墓》（科学出版社，1995 年）第 332~333 页。1981~1989 年，江陵九店发掘西周晚期墓 1 座、春秋中期至战国晚期墓 596 座，计出土料珠、料管、琉璃珠、陶珠、陶管等 253 件，其中料珠 38 件，外观均达玻璃态，有素珠和纹珠两种。

[28] 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》第 657~659 页，文物出版社，1989 年。（1）原报告未把料珠 E. C. 11:240 列入玻璃，这是十分正确的，但我以为可视为原始玻璃，因其组织绝大多数为非晶态。（2）原报告关于料珠 E. C. 11:240 的诸氧化物的总和为 80.86%，为方便起见，本书及文献 [56] [57] 在引用时，都是把氧化物总量折成了 100% 后的相对含量。

[29] 后德俊:《曾侯乙墓出土料珠的再研究》,《中国文物报》1996 年 11 月 3 日。

[30] 后德俊:《谈我国古代玻璃的几个问题》,《中国古玻璃研究（1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集）》，中国建筑工业出版社，1986 年。

[31]“雨台山战国玻璃分析报告”待发。本研究与后德俊合作进行。

[32] 何堂坤、后德俊等:《荆门罗坡岗战国墓出土料珠的初步考察》,《江汉考古》1998 年第 4 期。

[33] 黄启善:《广西汉代玻璃制品初探》,《中国古玻璃研究（1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集）》，中国建筑工业出版社，1986 年。

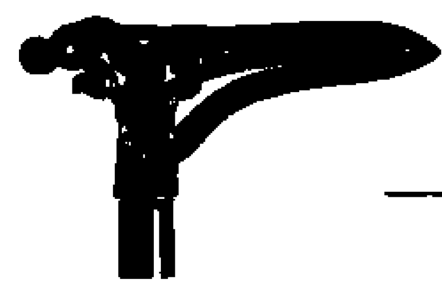
[34] 赵匡华:《试探中国传统玻璃的源流及炼丹术在其间的贡献》,《自然科学史研究》1991 年第 2 期。

[35] 美国康宁玻璃公司 R. H. Brill 等:《一批早期中国玻璃的化学分析》,《中国古玻璃研究（1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集）》，中国建筑工业出版社，1986 年。

[36] 黄启善:《中国南方和西南的古代玻璃技术》，干福熹主编:《中国古代玻璃技术的发展》，上海科学技术出版社，2005 年。

[37] 史美光等:《一批中国古代铅玻璃的研究》,《中国古玻璃研究（1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集）》，中国建筑工业出版社，1986 年。

[38] 新疆文物考古研究所:《新疆拜城县克孜尔吐尔墓第一次发掘》,《考古》2002 年第



6 期。

[39] 张平:《中国北方和西北的古代玻璃技术》,干福熹主编:《中国古代玻璃技术的发展》,上海科学技术出版社,2005 年。

[40] 潜伟等:《新疆克孜尔水库墓地出土玻璃珠的分析与研究》,《弘扬民族科技促进西部开发——第五届中国少数民族科技史国际研讨会论文集》,广西民族出版社,2002 年。

[41] 李青会:《玻璃的科技考古和分析技术》,干福熹主编:《中国古代玻璃技术的发展》,上海科学技术出版社,2005 年。干福熹、李青会等:《新疆拜城和塔城出土的早期玻璃珠研究》,《硅酸盐学报》2003 年第 7 期。

[42] 赵汝珍:《古玩指南》第二十二章"料器"。

[43] 杨伯达:《西周至南北朝自制玻璃概述》,《故宫博物院院刊》2003 年第 5 期。

[44] 周庆基:《关于中国古代玻璃的几个问题》,《河北大学学报》1985 年第 3 期。

[45] 杨伯达:《西周玻璃的初步研究》,《故宫博物院院刊》1980 年第 2 期。北京玻璃总厂玻璃研究所认为:"只有晶体,未发现玻璃体,不能肯定是人工合成物,还是天然矿物。"中央建委建筑材料研究院玻璃陶瓷物化室认为:"可见大量石英和少量玻璃体。"

[46] 干福熹等:《我国古代玻璃的起源问题》,《硅酸盐学报》1978 年,第 1、2 合期。

[47] B. NeumannAntikeGlaser, II. ZeitschriftfurAngewandteChemie, Bd. 40, NO. 40, S. 363, 1927. 转引自文献 [3]。

[48] M. B. фармаковский, Римские Стекловаренноче чечи, известмя Инстмйута Археологеской Технологми, Вкл. 1 Петербур 2, стр, 1926, 87 ~ 88. 转引自文献 [3]。

[49] 章鸿钊:《石雅》"玻璃",1927 年。中央地质调查所,1918 年初版,1927 年再版。今见《民国丛书》第二篇第 88 册,上海书店,1990 年影印民国十六年版。

[50] 王充:《论衡・卒性篇》。

[51] 汉王逸:《楚辞章句》卷一第 10 页、第 15 页,卷二第 9 页,卷五第 5 页,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 401 碟。

[52] 清王夫之:《楚辞通释》卷一第 9 页、卷一第 14 页、卷二第 35 页、卷四第 70 页、卷五第 110 页,中华书局 1959 年。

[53]《本草纲目》卷八"琉璃・释名"云:琉璃,即火齐,"《汉书》作流离,言其流光陆离也,火齐与火珠同名。"

[54] 安家瑶:《我国古代玻璃研究中的几个问题》,《中国考古学研究——夏鼐先生考古五十年纪念论文集》,文物出版社,1986 年。

[55] 李文瑛等:《营盘墓地的考古发现与研究》,《新疆文物》1998 年第 1 期。

[56] 何堂坤:《关于我国古代玻璃技术起源问题的浅见》,《中国文物报》1996 年 4 月 28 日。

[57] 何堂坤:《再谈我国古代玻璃的技术渊源》,《中国文物报》1997 年 4 月 6 日。

[58] 标本 R1 原出自:山崎一雄,10th International Congress on Glass, NO. 9, 15 (1974),转引自文献 [46]。

[59] 埃及公元前 1350 年玻璃成分原出自 B. Neumann, Z. Angew. Chem. , 42, 835 (1929). 转引自文献 [46]。

[60] 赵匡华:《试探中国传统玻璃的源流及炼丹术在其间的贡献》,《自然科学史研究》1991 年第 2 期。



第 三 章

秦汉手工业技术的蓬勃发展

公元前221年，秦灭齐，结束了春秋以来诸侯割据、列国纷争的局面，建立了我国历史上第一个中央集权制国家。秦朝经历的时间虽较短暂，但却对中国历史产生了深远的影响。秦始皇取消了封国建藩的制度，在全国推行郡县制；"一法度衡石丈尺，车同轨，书同文"[1]。统一货币，将列国形制繁杂，品种繁多的各种自然物货币，以及刀、布和银锡各类金属币一律废止[2]，圆形方孔铜钱通行全国，从而极大地促进了全国共同经济生活、文化生活的形成。公元前206年，秦亡。西汉初年基本上沿袭了秦朝政治制度，因国家采取了一系列有效措施，社会生产较快地得到了恢复和发展。为加强专制主义的中央集权，汉武帝曾改革币制，把铸币权收归汉廷；实行盐铁官营，以及均输、平准政策，颁布了算缗和告缗令，以打击富商大贾和高利贷者的不法行为。东汉基本上沿袭了西汉的一些管理制度，但因土地兼并激烈，庄园经济得到较大发展，与此同时，耕作技术、农田水利事业都比西汉有所进步。秦汉是我国古代手工业发展的重要阶段，采矿、金属冶炼和加工、纺织、机械、油漆、食品加工技术都有了较大提高；原始瓷在经历了漫长的发展历程后，已发展到真瓷的阶段；此期还发明了造纸术。其中尤其是炼铁、炼钢技术的发展，使各生产部门广泛地使用起钢铁来，从而极大地促进了整个社会生产力的提高。

第一节　采矿技术之发展

秦汉时期，由于社会生产力的发展，金、银、铜、铁、铅、锡、汞七种金属矿的开采量都大为增加，煤炭、井盐、瓷土、玉石等非金属矿的开采技术亦迅速发展起来。从有关文献和考古资料看，此期在采矿技术上最值得注意的应是铜铁、黄金、煤和井盐之开采。

一、铜铁矿之开采

《史记·货殖列传》云：江南出金、锡、连、丹沙。"铜铁则千里往往山出棊置。"此"连"，"集解"引徐广曰："音莲，铅之未炼者。"意即铅矿或粗铅。"山出"应读作"山错"，言铜铁矿如山峰之错落；"棊置"，即棋置，形容铜铁矿如棋子般布置，可见其分布之广。《汉书》卷七二"贡禹传"云："今汉家铸钱及诸铁官，皆置吏卒徒，攻山取铜铁，一岁功十万人已上……凿地数百丈，销阴气之精，地臧空虚。"可见铜铁矿开采规模之大。我国今已发现了数十处汉代冶铁遗址，其

附近一般都有不同数量的铁矿资源，有的还发现了铁矿开采遗址。如1975年，郑州古荥镇发掘一座汉代大型冶铸铁作坊，附近不少地方都有铁矿。《山海经·中山经》云："少室之山……其下多铁。""后山上多白金多铁。""大騩之山其阴多铁。""役山多铁。"据考，少室山在今登封，后山、役山位于郑州西，大騩山在今荥阳、密县间，这些地方与汉荥阳皆相去不远。又据地质部门调查，今荥阳、上街、新密一带都藏有含铅较高的褐铁矿，其成分适与古荥遗址铁矿相符[3]。1958~1959年，河南巩县铁生沟发掘汉代大型冶铸铁遗址一处，该村西南3公里的罗汉村，西面的金牛山，东北面的青龙山都有铁矿，古矿坑至今犹存[4]。1985年，信阳钢厂毛集发现战国至西汉铁矿采冶遗址一处，主要开采和冶炼年代是汉代。今人在第三采区打钻时，曾发现地面以下40米深处有空洞，在钻孔附近深约100米处亦发现有洞，其中尚残有木炭，洞壁多被木炭薰成了黑色[5]。这很可能是古代采坑。20世纪20年代时，该处还见有两座古代炼炉。汉代的铜矿采冶遗址今见于报道的有：安徽铜陵金牛洞西汉采冶遗址[6][7]，山西运城东汉采冶遗址[8]，广西北流汉至南朝采冶遗址[9]，湖北大冶铜绿山古矿冶遗址[10]，河北承德汉代采冶遗址[11]等。所有这些铜铁采矿遗址中，保存较好的是铜陵金牛洞。铜陵汉属丹阳郡。金牛洞遗址的发掘为我们了解秦汉金属矿开采技术提供了丰富的实物资料。

金牛洞古矿井的地表部分均已破坏，残存部分主要处于距地表深9~14米的现代采坑坡壁上。从考察可知，当时的开采步骤是：先在矿脉露头处作露天开采，挖到一定深度后，再追踪矿脉作地下开采。地下开采则采用了竖井、斜井、平巷相结合的联合开采法。不管哪种井巷都采用了木质框架式支护[6][7]。

如第1号发掘地，清理竖井2条。其中2号竖井的井筒残高约3.0米，其下为马头门（井口），合计高约5.0米。井筒长宽约1.6米×3.0米。采用"企口接方框密集支架"，即将四根圆木的端点砍成台阶式接口，互相垂直接合成一个方框。方框层层相叠，形成"垛盘"。这种"垛盘"支护的优点是抗压强度较高。底层方框由马头门立柱支承。此马头门系由4根地梁、4根立柱、2~4根中柱组成。地梁可防止"地鼓"。立柱间再加中柱可增强横梁的抗压强度。在第1号发掘地，清理出斜井4条，其中第4号斜井竖呈阶梯式，残长4.0米，倾斜约20度，井筒为梯形框架式支护（1根地梁、1根横梁、2根立柱）；横断面宽0.7~0.9米，长1.2米。其立柱与梁成85°角，故抗压能力较强。此发掘地还清理出平巷3条，皆沿矿体走向开拓。平巷高度随矿体及围岩的硬度而变化，皆处于1.6~2.0米间。作方形或梯形的框架式和半框架式支护，具体结构与第4号斜井类同。金牛洞古矿井的立柱均呈地心方向垂直。支撑方法有四：一是将立柱直接放在围岩上；二是放在预先凿好的脚窝内，以防止柱脚移动；三是若遇松散岩层时，需垫一木板或方木为基础，以分散立柱的压力；四是利用自然地形，在井巷边帮凸出的围岩上直接立一短桩以作为支撑。巷道两侧及顶棚多有木棍或木板护帮，有的用竹席封顶，以防止岩石坍落[6][7]。

金牛洞至少有两个水平开采层，上下层的高度差约2.0米。在1号发掘地，其上层由1号、2号平巷和1号斜井、3号平巷组成，并依次相通；下层以1号竖井、2号斜井、2号竖井、3号斜井为一组，依次相通。其中3号斜井与1号平巷相交，



前者延伸到了后者的底部。井巷内填有大量的矿石和废石。这说明当时的采掘方法是：先采底层矿石，采空后，用废矿或废石填充废弃了的井巷，后采上层矿石。此法的优点是：（1）可减少提运量，减轻井下工作面采空区的顶板压力；（2）可回采更多的矿石。这种水平分层采矿法在当时也是比较先进的[6][7]。

由考察情况看，金牛洞的提运方法有二：一是将矿石运到竖井下后直接提升到地面；二是通过井下硐室，分段提升到地面。其排水方法是：利用废弃了的低凹井巷为水仓，然后用桶将水提出，因渗水量不大，故设置亦较简单。采矿工具主要有铜凿、铁斧、铁锄、木桶、石球、木楔等。因矿井深度不大，主要是利用井口之高低不同，形成压差来通风。古人主要选用品位较高，易于冶炼的矿石进行冶炼；今人曾分析过部分被遗弃了的矿石成分，知其含铜量多处于 1.665% ~ 3.783% 之间，个别的高达 8.68%[6][7]。

火爆法在汉代已使用得相当普遍。金牛洞矿井内便发现过大量木炭屑，有学者认为，它可能与火爆法采矿有关[6][7]。承德西汉古铜矿采矿场的地面上，残有黑灰和烧剩的木炭[11]；山西运城汉代铜矿遗址的 2 号洞内，发现有大量木炭与碎石杂混[8]；这些都不能排除使用了火爆法的可能性。此时有关火爆法的记载也明显增多，且较为明确。《后汉书》卷八八“虞诩传”载：“虞乃自将吏士案行川谷，由沮至下辩，数十里皆烧石翦木。开漕船道。”章怀太子注：“诩乃使人烧石，以水灌之，石皆坼裂。”这虽是说用于开渠，但采矿业也会使用的。

二、对黄金矿物形态和产状的认识

我国古代的黄金开采约始见于四坝文化时期，商、周之后有了一定发展，但有关开采技术的记载却较少。两汉之后，有关记载明显增多，开采技术也有了较大提高，不但开采了水砂金，而且开采了山砂金，还发明了黄金萃取和提纯的多种工艺。

此期的黄金产地主要是汝汉、鄣(章)郡和西南地区，其他地方较少。

汝汉之金，先秦汉后都常见于诸家著述。《盐铁论 · 力耕》：“汝汉之金，纤微之贡，所以诱外国而钓羌胡之宝也。”

豫章黄金的记载始见于汉。《史记 · 货殖列传》载：“豫章出黄金。”《汉书 · 地理志》“豫章郡 · 鄱阳”注：“武阳乡右十余里有黄金采。”

云南哀牢产金亦见于汉。《后汉书》卷一一六云：哀牢“出铜铁铅锡金银”。《后汉书》卷三三“郡国志”也曾谈到哀牢出金，此书的作者和注者虽非汉代，但当有所本。

两汉时期，人们对水沙金和山沙金的矿物形态和矿床形态都有了较多的了解。王充（公元27 ~ 约97 年）《论衡 · 验符》篇：“永昌郡（今云南保山县东北）中亦有金焉，纤靡大如禾粟，在水源沙中。”此“纤靡大如禾粟”，是古人对自然金形态的描述；“在水源沙中”，则是金的产状。

在汉代著作中，对自然金形态和产状描写得最为详明的还是大炼丹家狐刚子所作《出金矿图录》，其云：“凡金矿，或在水中，或在山上。水中者，其如麸片、棋子、枣豆、黍粟等状。”“水南北流，金在东畔。”“入沙石土下三寸或七寸。”“水东西流，金在南畔生。”“入沙石土下五寸或九寸。”此水中金，“第一上金也”。“山中者其形皆圆。”“山东西者，金在北阴中。”“根脉向阳，入地九尺或九

十尺，杂沙夹石土而生，赤黄色，细腻滑重。折之不散破，以火消熔，色白如银，以药搅合和，入八风炉淘石炼成之。”“山南北者，金在西阴中生也。”“带水杂沙，挟石出而生，深浅如上也，入杂沙挟土下，根脉向阳，或七尺，形质如上。”“入八风炉，淘石炼土如上。”此山沙金，乃“第二金也”。此“淘石炼成”、“淘石炼土”两句，则概括了淘金和萃取的整个工艺过程，这也是我国古代较早提到淘金和炼金的地方。此书虽已失传，但为唐人编辑的道家著作《黄帝九鼎神丹经诀》卷九收录[12]。这里谈到了水沙金和山沙金的形态和埋藏情况。狐刚子，名狐丘，陈国符认为其为晋人，约葛洪同时，并认为狐刚子为最大的外丹黄白大师[13]；但赵匡华考证，狐刚子为东汉末年铅丹家，与张道陵同时或稍早，与魏伯阳大体同时[14]。今暂从赵说。

三、燃料用煤之开采

两汉是我国古代用煤的第一个高峰时期，日常生活和一般手工业都在开始用煤。有关文献记载和考古实物亦骤然增多。

《汉书》卷九七上“外戚列传”载：窦太后弟窦广国，字少君，“年四五岁时，家贫，为人所略卖……至宜阳，为其主人入山作炭。暮，卧岸下百余人。岸崩，尽压杀卧者，少君独得脱，不死”。此“炭”当即煤炭。“岸下”、“岸崩”，王充《论衡》“吉验篇”和“刺孟篇”在谈到同一事件时，皆作“炭下”（“积炭之下”）、“炭崩”。此煤窑压杀了百余人，可见其规模不小。窦广国入山作炭一事约发生于窦氏被立为皇后前不久，即文帝元年（公元前179年）前后。这是我国古代大规模采煤的较早记载[15]。

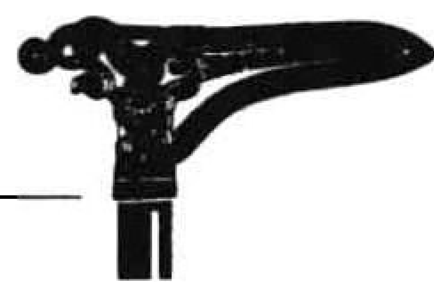
1938年，辽宁抚顺永安公园发掘到了汉代居住遗址的一个火坑，坑面铺砖，并见有一个烧火口（或烟道），在烧火口前发现有散乱的煤壳灰，说明人们已用煤取暖、做饭。20世纪30年代，抚顺老虎台露天煤矿采坑内曾发现有西汉文帝五年（公元前175年）半两钱和武帝元狩五年（公元前118年）的五铢钱[16]。

1955年，洛阳汉河南县城东区汉代生活区的两个灰坑中都曾发现过煤和煤渣，与之同时出土的还有罐、盆、刀等生活日用品[17]。1988～1989年，汉魏洛阳城发现一批古代烧瓦窑址，多数属于东汉，少数属于北魏时期，窑址分布密集。今已发掘3座，结构相近，无一不以煤作燃料，火膛中皆有大量的煤渣堆积，其中一个火膛的煤渣厚达60厘米。窑址附近的灰坑中也有许多煤渣，说明窑群曾大量用煤烧瓦[18]。

1979年，地处黄河北岸的洛阳市吉利工区发现一座汉代墓葬，出土有11个坩埚和部分五铢钱，一些坩埚的外底部附着有煤，说明当时已把煤作为加热用燃料[19]。

另外，在巩县铁生沟汉代冶铸遗址和第1～3号烘范窑内均发现有煤灰，在2号窑的火门处尚发现有原煤块[4]；郑州古荥镇汉代冶铸遗址的5号窑内发现有煤饼[3]，其中有的煤末可能还用作筑炉材料。

这些都是汉代采煤和日常生活、一般手工业用煤的证据。至于汉代竖炉是否也曾用煤炼铁，今日尚无确凿资料。汉代采煤的具体操作技术，亦有待考古资料来说明。



四、井盐开采技术

商、周时期盐卤开采技术已有了一定发展，自李冰开采广都盐井后，四川各地的盐卤开采便迅速发展起来。秦代时，四川产盐地已有了3县，汉后扩展到18县，每县的盐井数亦有增加。晋常璩《华阳国志》卷三云：汉安县“有盐井鱼池以百计”，宣帝地节三年（公元前67年），曾一次“穿临邛、蒲江盐井二十所”。在众多的巴蜀盐井中，要以西汉白兔井（在今重庆市云阳县）①、东汉张道陵（？～156年）所开陵井（旧址在今四川仁寿县境）最负盛名。两者的历史都有少量记载，前者还一直沿用到了近现代，这对我们了解汉代，及至稍前的井盐开采技术都是很有帮助的。

白兔井所在的重庆云阳县，汉代名朐䏰县，后改云安县；明代改称云阳县。《文献通考》卷一五载：西汉元封元年（公元前110年），置“盐官凡二十八郡”，其中便有巴郡朐䏰[20]。之后，历代都有开采。《文献通考》卷一五载，宋制，“云安军云安监及一井岁煮盐八十一万四千余斤”[20]。白兔井一直保存了下来，至今井体部分依然完好，卤源旺盛，历两千余年而不衰[21]。有关情况第六章再作介绍。

陵井的资料出现较晚。唐李吉甫（758～814年）《元和郡县志》卷三四“陵州”载：“陵井者，本沛国张道陵所开，故以陵为号……后废陵井，更开狼毒井，今之煮井是也。后人因依旧名，犹陵井，其实非也。”

汉代云南也产盐，《汉书》卷二八上“地理志·益州郡·连然”颜师古注：“有盐官。”一般认为此盐当是卤水所制，但井卤在其中占多大比重，则难详知。连然今属云南安宁县。

有关汉代井盐开采的文字资料较少，幸好成都西郊、北郊，以及邛崃等地都出土过一些东汉采盐画像砖[22]，便为我们填补了这一空白。

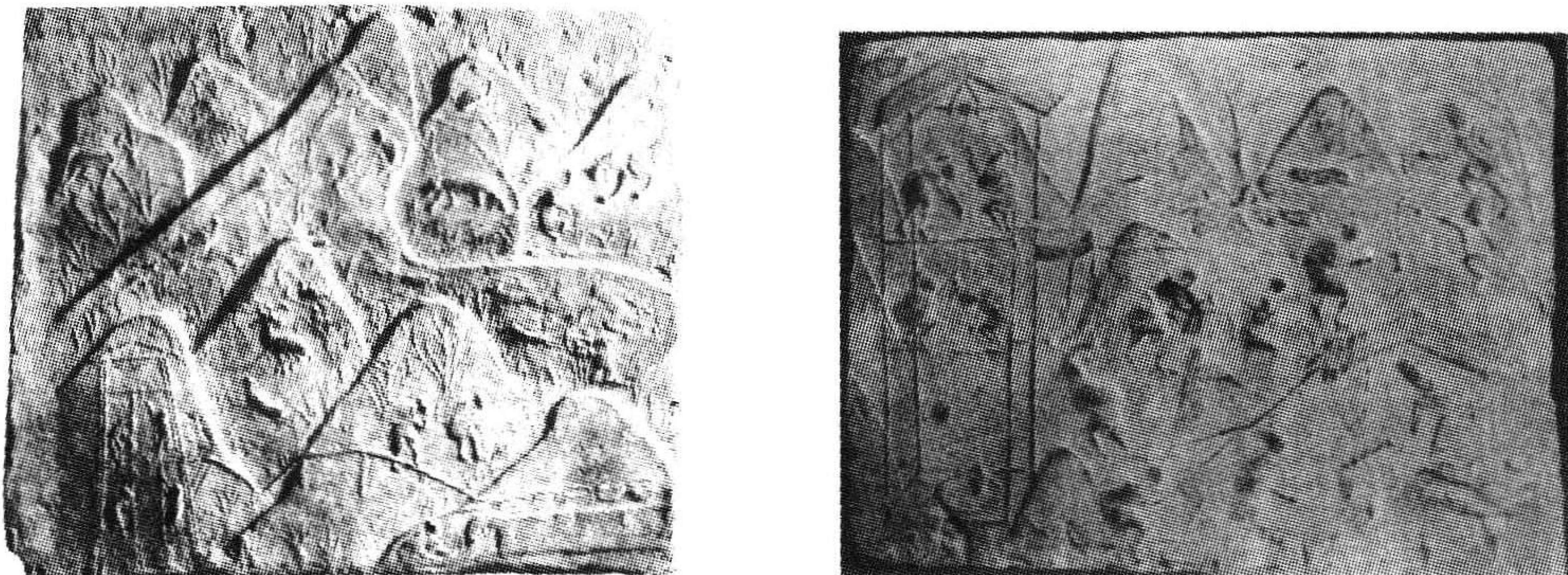


图3－1－1　汉画像砖上的盐卤开采图

左：砖大40.8厘米×46.7厘米×7.0厘米，1954年成都羊子山1号墓出土。采自重庆市博物馆《重庆市博物馆藏四川汉画像砖选集》图一，文物出版社，1957年。

右：砖大34.5厘米×45厘米。20世纪50年代以前成都市郊出土。采自刘志远《四川汉代画像砖艺术》图三，中国古典艺术出版社，1958年，北京。

---

① 白兔井，传为樊哙发现。清咸丰《云阳县志》载：西汉高祖二年（公元前205年）四月十五日，五虎将樊哙（？～公元前189年）路过云安，发现白兔过江，射之而未毙，兔向汤溪河岸荒山逃窜，哙逐至今盐井附近，白兔突然失踪，见石缝有乳白液流出，汲而尝之，味咸。因命民凿井汲水煮盐，井是谓白兔井。

这些采盐画像砖图的形象大体一致（图3－1－1），皆为人力挖掘的大口浅井。井场坐落在山峦重叠的山区。井架双层，每层两人，上下计4人，分成两组协同操作。左边一组（上下两人）正协力向上提升盛满了卤水的桶，右边一组（上下两人）则合力向下拉动绳索帮助提卤，并使空桶入井。两桶一上一下，不断将卤提出。井架上层的横梁上有一个定滑轮，它一方面改变了人工用力的方向，将引力分散到两组人的身上，便减轻了每个人的劳动强度。另外，绳索两端各系一桶，亦提高了生产效率。提出的卤水在木架上层倾入盆形器中，利用自然落差，通过笕筒，盘山绕梁，然后注入灶旁的卤水缸中，再煎煮为盐。山麓上有二、三个人负物正佝偻而行，似在做盐之外运。这样，一方小小的画像砖，将采卤、输卤、煎卤、运盐，几大基本工序，皆一一刻画分明。

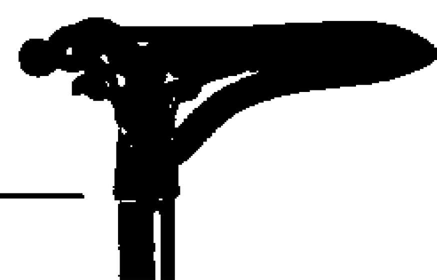
早期盐井大约都是井口较大、深度较小的大口浅井，习谓之“大口井”，开凿方法与民用水井并无多大区别，技术上亦较简单。昔曾有学者引用《汉书·贡禹传》载“凿井数百丈”等，来说明汉代已有深井开采[23]。由前云信阳钢厂古矿井深度，以及当时各项技术条件看，达数十丈还是可能的，故此“数百丈”是否确凿，尚须进一步研究。曾有人从画像砖各部尺寸的比例进行过一些估算，认为当时的盐井深应在一丈五尺左右，井的口径应在五尺左右，是由一人猫身作业挖成的，而非顿钻挖成。据调查，这种深一二丈，径五六尺的大口浅井在四川个别地方，直到20世纪40年代还有使用[24]。关于汉代盐井的加固方法，目前尚未看到十分确切的资料，南北朝时，人们是以木料加固井壁的。《水经注》卷三三“江水”载：“巴东郡之南浦侨县西，溪硖侧盐井三口，相去各数十步，以木为桶，径五尺，修煮不绝。”[25]因地下水一般都距地表较浅，卤水则较深，故盐井一般都较水井为深。

五、对天然气和石油的最初认识

我国古代关于天然气的记载约始见于汉或稍前，最早发现天然气的地方是今四川临邛等地。

四川临邛火井大约是随着井盐开采而发现的。《蜀王本纪》云：“临邛有火井，深六十余丈。”[26]该书原托名西汉扬雄作，据今人考证，实为谯周所撰，约成书于东汉末年至蜀汉间[27]。又，刘敬叔《异苑》卷四云：“蜀郡临邛县有火井，汉室之隆，则炎赫弥炽，桓、灵之际，火势渐微，诸葛亮一瞰而更盛，至景曜六年，人以烛投即灭。”可见临邛火井在东汉桓帝（147～167年）、灵帝（168～189年）之前，曾经是十分旺盛的。至于临邛火井的发现年代，一般认为是西汉宣帝地节三年（公元前67年）之后一个时期[28]，因据东晋常璩《华阳国志》卷三云，地节三年时，临邛地区曾广开盐井[29]。火井与盐井的关系是十分密切的，左思（约250？～约305年）《蜀都赋》刘逵注云：“火井，盐井也。”[30]临邛火井是我国，也是世界上人工开凿的最早的天然气井。《博物记》云：“临邛有火井，深二三丈，在县南百里，以竹木投取火，后人以火烛投井中，火即灭绝不复然。”[31]

在讨论天然气时，有两件事需顺带提一下。一是关于《易·革》“泽中有火”，往昔曾被认为这是关于天然气的记载。今有关学者认为，这是古人的一种比拟和虚构，是对《周易》八卦演释的一种误解，它与天然气实是无关的[32]。还有人认



为《素问》所云“泽中有阳焰，如火烟腾腾”亦是同一道理。我们认为，此新说虽可成为一家之言，但毕竟有些勉强，可以进一步研究。二是关于《汉书》两次提到的鸿门“火井”或地火，是否天然气的问题。原文是这样的：卷二五下“郊祀志”载，汉宣帝神爵元年，“祠天封苑火井于鸿门”。卷二八下“地理志·西河郡”班固自注，鸿门县“有天封苑井祠，火从地出”。鸿门县在今陕西东北的神木县，靠近山西和内蒙。已往一般认为：这是我国早在公元1世纪便已发现火井的明证。今有关学者认为，此所谓火井，其实是煤层自燃现象，与天然气无关，亦不是火山口[33]。我们基本上同意此后一说法，鸿门火井可能是煤层自燃。

大约开采天然气之后不久，我国人民还发现了石油。《汉书·地理志》“上郡”条班固自注云：高奴“有洧水可燃”，此高奴在今陕西延长县一带。此“洧（委wěi）水”可燃，显然是石油。这是我国古代关于石油的最早记载。

第二节　冶金技术的蓬勃发展

秦、汉是我国古代钢铁技术全面发展的一个重要阶段。战国时期，我国农业、手工业虽已大量用铁，但多是铸件，一般兵刃器仍用青铜铸作。秦、汉之后，这种情况发生了很大变化，因钢铁冶炼和加工技术的迅速发展，钢铁器物很快普及到了社会生产、社会生活的一切重要部门。大约从西汉中期起，在刀剑等大刃中，钢铁锻件就逐渐取代了青铜铸件的主导地位。青铜的使用量虽仍较大，但主要用来铸造铜镜、铜钱、铜洗等日用器，西汉晚期后，箭镞亦多改用了钢铁制作。此期冶金技术的主要成就是：建立了一批具有一定规模的高炉，发明了炒钢和灌钢两种半液态冶炼工艺，以“生铁－炒钢和灌钢”为轴心的我国古代钢铁技术的基本体系基本形成。钢铁技术的发展，有力地促进了汉代社会经济的繁荣和统一的中央集权国家的形成和巩固。铜的冶炼和加工技术得到了较大提高，对胆水炼铜中的金属置换作用有了初步认识。金、银、铅、锡、汞等有色金属的需要量急剧增加。使用了混汞法炼金。层叠铸造、金型铸造都有了进一步发展，很可能发明了简单的金属切削技术。铸铁可锻化退火处理技术更为成熟，钢和青铜的淬火技术进一步推广，金属表面镀锡、镀金银亦有较大发展。

一、钢铁冶铸遗址的发掘

数十年来，全国已发现50多处汉代冶铸铁遗址，分布于河南、河北、北京、山东、山西、内蒙、陕西、江苏、新疆等地，其中最多的是河南，见于报道的约有36处，分别位于新安孤灯、林县正阳地、温县西招贤、郑州古荥镇、汝州市夏店、汝州市范故城、巩义市铁生沟、登封铁炉沟、商水古城、鲁山望城岗、鲁山马楼、方城赵河、镇平安国城、南阳北关瓦房庄、桐柏张畈等处。规模最为宏大的是郑州古荥镇、巩县（今巩义市）铁生沟，以及南阳瓦房庄3处。其中有冶炼遗址、有铸造遗址，也有既冶且铸的遗址。在这36处中，有10处是由战国沿用到了汉代的，2处属汉魏时期[1]，可见当时中原冶铸业之发达。

古荥镇作坊兼有冶炼和铸造两种功能，遗址面积约12万米^2，出土有2座高炉炉基，大量炉底积铁、矿石、炼渣、耐火砖、风管残块、铁器、泥范，以及烘范

窑等，断代西汉中晚期至东汉。因部分铁器和泥范上见有“河一”字样，依此人们推测它是河南郡铁官所辖第一冶铸作坊[2]。

巩县铁生沟作坊兼有冶铁、炼钢、铸造、热处理等工序；遗址面积2万米^2，发掘炼铁高炉8座，炒钢炉、锻炉、铸铁退火炉各1座，烘范窑11座，多功能长方形排炉5座，以及大量的铁器、陶器、炼炉耐火材料、配料坑、废铁坑、铁范、泥范、浇口铁、鼓风管、木炭、矿石等。断代西汉中晚期，下限到东汉初期。因所出8件铁器上见有“河三”字样，人们推测它为汉河南郡第三冶铸作坊[3]。

南阳瓦房庄作坊原以铸造为主，兼有部分炒炼和锻打加工，遗址面积约12万米^2，出土化铁炉基9座（西汉4座、东汉5座）、炒钢炉1座、锻造炉8座，以及大量的熔炉残块、炉渣、风管残块、风嘴、木炭、铁器、泥质铸模、泥范、铁范、烘范窑等。使用年代为西汉初期到东汉晚期。因见部分铁器上铸有“阳一”字样，依此人们推测，它应是南阳郡铁官所辖第一冶铸作坊[4]。这些作坊规模较大、配套完整、分工较细，反映了当时世界上最为先进的水平。

依《汉书》“地理志”注所云，汉代在40个郡（国）县设有49处铁官，以管理相关事务。一个铁官可有一个或多个作坊。如南阳郡，可能有两个冶铸作坊，南阳瓦房庄是第一冶铸作坊。1974年，陕西永寿县西村出土过“阳二”铭凹字形锸1件，传世还有“阳二”铭文铁锸1件[5]，当为南阳郡第二冶铸作坊的产品。河南郡可能有3个冶铸作坊，古荥镇和巩县铁生沟分别为第一、第三冶铸作坊。此外，陕西陇县出土过一件铸有“河二”铭文的铁锄[6]，当为河南郡第二冶铸作坊所铸。有学者认为，其具体地点很可能在今河南临汝县夏店[7]。今在古代铁器上看到的冶铸作坊纪名还有“东二”、“东三”、“山阳二”、“巨野二”、“淮一”、“蜀郡成都”、“中山”、“川”、“田” 等[7]。这些作坊在当时都已有了一定规模。

二、炼铁技术的发展

（一）高炉构筑技术的发展

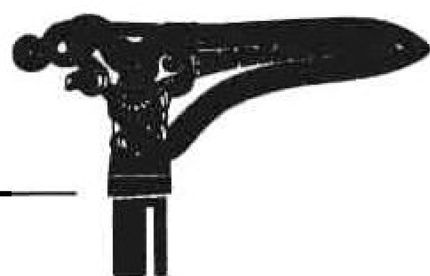
在考古发掘中，先秦冶铁炉唯西平见有一座，汉代炼铁炉仅河南省便发现30余座，除郑州古荥镇2座、巩县铁生沟8座外，还有鹤壁鹿楼村13座[8]、临汝夏店1座[9]、西平冶炉城1座、鲁山望城岗1座[10]、桐柏张畈村1座、方城赵河村4座等[11]。此期的炼炉往往较为高大，炉缸平面有圆形、椭圆形、长方形等种。古荥镇两座炉子的炉缸皆呈椭圆形，其中1号炉的炉缸长、短轴分别为4.0米和2.7米，炉缸面积约8.5平方米。经复原，有效高度可达6.0米，有效容积可达50立方米。可能有4个风口（图3-2-1）[11]。椭圆形炉缸的优点是可缩小短足两侧风口的间距，在鼓风能力不太强的情况下，也能到达炉缸中心，这就既适当地扩大了炉缸面积，又不致影响炉缸温度。它的出现，是汉代筑炉技术的又一成就。在欧洲，椭圆形高炉是19世纪中期才出现的。

（二）高炉冶炼技术的发展

这主要表现在以下几方面：

1. 原料选择和准备已相当严格。所用矿石主要是赤铁矿和褐铁矿，入炉前经破碎和筛分，古荥冶铁作坊的矿石多破碎到5厘米左右[11]，燃料主要是硬质木炭。

2. 古荥很可能使用了部分石灰石熔剂。这是炼铁史上的一件大事，对于改善



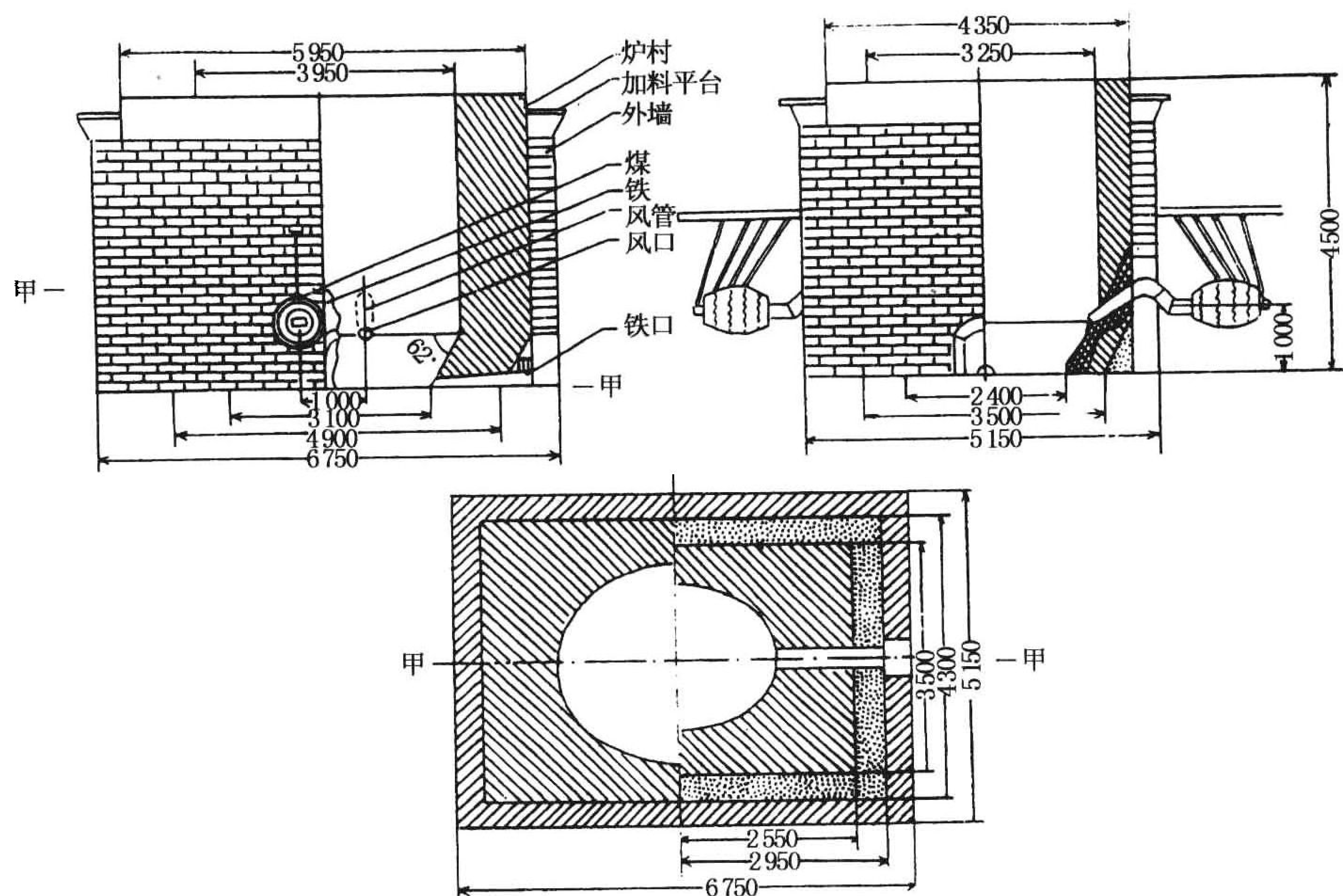


图3-2-1　古荥镇汉代冶铁作坊1号炼炉复原图（尺寸仅作参考）
采自文献[11]

炉渣流动性和脱硫，都具有重要的意义[11]。

3. 使用了能力较强的鼓风装置。许多汉代冶铁遗址都发现过陶质鼓风管，如古荥鼓风管的粗端直径一般为26厘米，其中一段较为完整，其粗端内径竟达32厘米，细端11厘米[11]。

4. 发明了水力鼓风，这是人类历史上对水力的第一次有效利用。《后汉书》卷六一“杜诗传”说：东汉初年，河内郡汲县人杜诗任南阳太守。其性节俭，“善于计略，省爱民役”，造做了一种叫做水排的鼓风装置，“铸为农器，用力少见功多，百姓便之”。此虽说铸铁鼓风，冶铁当亦如此。在欧洲，水力鼓风在公元12世纪才发明出来，随着鼓风能力的加强和炉身的增高，公元14世纪才炼出了生铁。

5. 发明了预热鼓风。在郑州古荥镇和巩县铁生沟都有大量风管残段出土，风管明显分为两层，内层陶质，外层敷以草拌泥。其中一侧多被烧黑，外表烧流，流向与粗端轴向或互相垂直，或互相斜交，但与细端皆相平行；另一侧却火候很低，或未变色。人们依此推测，流向与粗端垂直的风管很可能与某种形式的预热鼓风有关，熔流与粗端斜交的风管，则很可能是倾斜地伸入炉内以送风的。预热对于提高炉温具有十分重要的意义。

一般认为，此期鼓风器的形态当如山东滕县宏道院20世纪30年代收集的冶铁画像石所示[12]，其实就是一种皮囊（图3-2-2）。1959年，王振铎曾对它进行过复原研究[12]。

（三）生铁品种和使用范围的扩展

战国时期已有了少量麻口铁和雏形灰口铁，两汉时期稍有增加。今见于报道的汉代灰口铁计约10件，即满城西汉中期墓的铁锏、铁质锄内范、镢内范[13]、南



图 3－2－2　滕县宏道院藏汉锻铁画像石（局部）

采自文献[12]

阳瓦房庄西汉浇口铁、东汉浇口铁和铁质范芯、镇平的汉代小型锤范、古荥生铁块、铁生沟生铁片等。麻口铁则有河南南召铁铧、鲁山望城岗铁权、铁质铲范，新郑犁镜、密县古桧城犁镜等[14]。这无疑是个进步。战国生铁主要用来铸器和制作可锻铸铁，汉代又扩展到了炼钢工艺，作为炒钢和灌钢的原料。另外，铸制的梯形、长方形小板（或条材）生产量也明显增大，在郑州古荥镇、南阳瓦房庄、鲁山望城岗等汉代冶铸遗址都曾看到。这是一种半成品，可用脱碳退火的方式生产出熟铁、低碳钢或者高碳钢，并进一步加工成各种不同的生产工具及兵刃器。

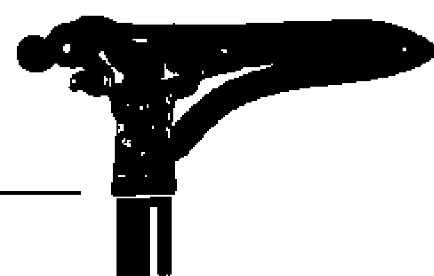
当然，汉代冶炼水平还是较低的，炉况不顺和各种故障都时有发生。《汉书》卷二七上“五行志”便记载过征和二年（公元前 91 年）、河平二年（公元前 27 年）两次因悬料、崩料造成的炉体爆炸事故。古荥等汉代冶炼遗址都出土有大量颜色发黑的石头渣，说明其炉温较低，熔化不够充分。汉、唐及至宋代冶铁遗址都发现过不少炉底积铁，这显然是由于发生了严重的冶炼事故，被迫突然停炉而造成的。

（四）关于坩埚冶铁

我国古代的坩埚冶铁术至迟发明于汉。目前所知与此有关的考古资料有：（1）北京清河西汉初期铜铁作坊，20 世纪 50 年代出土有坩埚炼铁炉一座，底径约 12 米，坩埚高约小于 60 厘米，口径约 30 厘米，容积似不大于殷代化铜的“将军盔”[15]。（2）呼和浩特市二十家村南西汉铁工场，出土有 16 座冶铁炉，大小和形状都有差别，冶炉附近有坩埚、鼓风管、铁矿石、炉渣、炭灰、泥范等[16]。（3）1960 年时，新疆库车等地发现了许多汉代坩埚残片[17]。（4）1979 年，洛阳汉墓出土有 11 件坩埚，其中一个的内壁还附着了一块铸态钢。由这些资料看，我国古代坩埚冶铁很可能西汉便已发明。自然，它应是由先秦坩埚冶铜、化铜技术演变过来的。

三、多种制钢技术的发明和发展

我国先秦时期的炼钢方法主要是块炼铁渗碳法、铸铁脱碳法和铸铁脱碳渗碳法，此外可能还有块炼钢法，它们都是固态冶炼，渗碳、脱碳过程进行得十分缓慢，生产效率较低，产品含碳量往往也低，夹杂较多，这就极大地限制了钢的使用数量和范围。两汉时期，我国发明了作为半液态冶炼的炒钢法，以及在此基础上发明发展起来的百炼钢法和灌钢法，此外可能还炼出过液态坩埚钢，这就在较



大程度上弥补了上述缺陷。尤其是炒钢和灌钢，它们的发明，极大地提高了钢的产量和质量，成为汉后可锻铁生产的主要工艺。

（一）炒钢技术的发明

炒钢是以生铁为原料，加热到液态、半液态，在氧化性气氛中使之脱碳到钢或熟铁成分范围的工艺。为使脱碳过程更加迅速和均匀，冶炼过程中需不断地搅动金属。以“炒”来称呼这一工艺大约是明代之后的事，汉代如何称呼，今已不得而知，唐代又谓之捣钢。

我国炒炼技术约发明于西汉初期，今见较早的实物有：陕县西汉初年墓出土的铁剑；徐州狮子山楚王陵（约公元前175～前154年下葬）出土的3件铁凿、1件铁矛、1件铁轴；广州西汉早期南越王墓出土的铁铚、铁锛、铁铲、铁剑、铁箭杆、铁甲片、铁镊[18]；巩县铁生沟[3]、南阳瓦房庄[4][11]、新安弧灯村[11]等冶铸铁遗址出土的炒钢炉；铁生沟出土的铁块、残铁镢、铁鍤等。这些铁器的基本特点是：其夹杂物主要是易于变形的硅酸盐，细薄分散，往往总量稍少，分布亦稍均匀；块炼铁的夹杂则是以 $FeO-2FeO\cdot SiO_2$ 共晶夹杂为主的，此外还有大量不易变形的颗粒状氧化亚铁（FeO）夹杂，不但总量较多，分布不均，且块度大。依此看来，炒钢技术的发明期当可上推到西汉初期。文献上有关炒钢的记载始见于《太平经》卷七二云：“使工师击冶石，求其中铁；烧冶之，使成水，乃后使良工万锻之，乃成莫邪。”此“莫邪”原指锋利兵器。“烧冶之”三句指炒炼及制器的整个过程。《太平经》系道家著作，基本上保持了东汉中晚期的原貌[19]。有学者认为炒钢的发明，可能受到过铸铁可锻化退火的启示[20]，笔者认为更有可能受到过铜精炼技术的影响。

炒钢工艺的优点是：（1）以生铁为原料，因生铁易于得到，便扩大了原料范围。（2）冶炼在液态半液态下进行，氧化脱碳过程进行得较为迅速，生产效率较高。（3）成分可适当控制，产品质量较好。它的发明，从数量和质量两方面满足了古代社会对可锻铁的需要。此工艺在我国一直沿用了下来，据调查，直到20世纪七八十年代，还在我国浙江、湖南等地沿用。

炒钢的用途主要有三：（1）锻制一般性器具。（2）作“百炼钢”的原料，制作优质兵刃器。（3）作灌钢的原料。从科学分析看，炒“钢”成分范围很宽。巩县铁生沟出土过两块炒炼产品，一件原称为“优质铁”[3]，成分为：碳0.048%、硅2.35%、锰微量、硫0.012%、磷0.154%；另一块原称为“海绵铁”，成分为碳1.288%、硅0.231%、锰0.017%、硫0.022%、磷0.024%[21]，可知前者的含碳量约与今熟铁相当，后者则与今过共析高碳钢相当。

在欧洲，与炒钢相类的工艺大约是到了公元16、17世纪才发明出来，在整个中世纪，占主导地位的一直是作为直接冶炼的“自然钢”法和块炼铁渗碳法，故在相当长一个时期内，其可锻铁供应量受到一定限制。

（二）百炼钢技术的发明

百炼钢的原料是含碳量稍高的炒钢，操作要点是千锤百炼。因炒炼在半液态下进行，渣铁分离较为困难，故“百炼”的主要目的是进一步排除夹杂，同时还可均匀成分、致密组织，有时也可细化晶粒。“百”言多；“炼”者，锻也。许慎

《说文解字》云:"锻，小冶也。" 故此"百炼"即是百锻[22]。

在冶金技术中，标以"炼数"的工艺始见于西汉晚期，当时主要用在熔铜、冶铜工艺中。在制钢工艺中，标以"炼数"的工艺约始见于东汉早期，先是"卅湅"、"五十湅"等，东汉晚期才出现了"百炼钢"一词。今日所见标以炼数的钢铁器物有：(1) 1978年，徐州市铜山县收集到一把"五十湅"铭文剑1件，为蜀郡西工官建初二年（公元77年）造，通长109厘米，剑柄正面有21字隶书错金铭文，云:"建初二年蜀郡西工官王愔造五十湅□□□孙剑□"[23]。(2)《贞松堂集古遗文》卷一五录有3把金马书刀，皆残，铁质，金书，均为"卅湅"，皆广汉郡工官所造，其中一把的制作年代不清，余二为东汉和帝永元（公元89~105年）纪年，此两件铭文分别为:"永元十□□广□郡工官卅湅书刀工冯武（下漫灭）"，存14字；"永元十六年广汉郡工官卅湅□□□□□□□□□史成长荆守丞熹主"，存20字。书刀一面金镂年月工名，一面金镂马形，下去环寸许。这种书刀是广汉郡的特产。(3) 1974年山东苍山县收集东汉永初纪年刀1件，全长111.5厘米，刀身有15字隶书错金铭文:"永初六年五月丙午造卅湅大刀吉羊"[24]。(4) 百炼钢实物仅见一例，即1962年日本奈良县栎本东大寺山古墓出土的中平（184~189年）纪年刀，其铭作:"中平□（年）五月丙午造作支百练清刚上应星宿（下）辟不（祥）"[25]。

据分析，不管永元纪年剑，还是永初纪年刀，都是以炒钢为原料，经反复锻打，千锤百炼而成。永初三十炼大刀的刃部由珠光体和少数铁素体组成，晶粒细小、组织均匀，含碳量约在0.6%~0.7%间。刃部曾经淬火，可见少量马氏体，硅酸盐夹杂总量较少，数目较多，细长分散，看不到大块的氧化亚铁-硅酸共晶。在金相显微镜下，其金属组织和夹杂分层现象都十分明显，竟达30层左右[21]。建初五十炼钢剑身刃部亦明显分层，中心部分计分15层左右，为均匀的珠光体组织，含碳量0.7%~0.8%。两侧各20层上下，高碳层含碳量约0.6%~0.7%，低碳层含碳量约0.4%左右。身刃部组织约近60层，刃部未淬火。夹杂物以硅酸盐为主，高碳部分夹杂稍少，变形量大，细薄分散，低碳部分夹杂稍多，且较细碎，变形量稍小。整个断面上都有磷偏析[26]。依此人们推测，此三十湅刀和五十湅剑都是由炒钢经多层积叠、反复折叠锻打成的。图版柒，1、2为建初五十湅剑组织形貌。

百炼钢的优点是组织均匀、致密、强度较高，缺点是炼制过程中劳动强度大，金属收得率较低，其主要用来制作宝刀、宝剑等名贵器物，生产上使用较少。

（三）灌钢技术的发明

灌钢是以生铁和"熟铁"为原料，把它们加热到生铁熔点以上，利用生铁含碳量较高、熔点较低，"熟铁"含氧化夹杂较多的特点，进行混合冶炼，最后取出加锤，得到一种夹杂较少，组织和成分都较均匀的钢团。"灌钢"之名是到了唐代才出现的。作为灌钢原料的古代"熟铁"，与现代意义的熟铁是不同的，它实际上是一种含碳量稍高的炒炼产品[27]。

我国古代灌钢技术约发明于东汉晚期[28]。《全后汉文》卷九一载王粲（177~217年）《刀铭》云:"和诸色剂，考诸浊清，灌襞已数，质象已呈，附反载颖，舒中错形。"此"襞"应指"熟铁"多层积叠、多次折叠；"灌"应指生铁水向"熟铁"灌炼；"灌襞已数"应指多次灌炼的整个操作，意即积叠、折叠、灌炼已进行



了数次。灌钢工艺亦属半液态冶炼。其优点是：（1）它以生铁和“熟铁”为原料，灌炼过程中，氧化反应进行得较为剧烈，去渣能力较强[28][29]。（2）冶炼在半液态下进行，生产效率较高。灌钢主要用作刀剑器刃部。

（四）关于坩埚钢

1979 年，洛阳吉利工区发掘了一批汉墓，其中一座墓圹内出土有 11 个坩埚。坩埚呈直筒形，外径一般为 14～15 厘米，高 35～36 厘米，壁厚 2 厘米；直口卷缘，直腹，圜底，内外壁均已烧流，并粘附有铁块、煤块、铁渣、煤渣，坩埚底部也附有煤块[30]。在其中一个坩埚的内壁上附有一块金属，呈流动状，经鉴定，原是一块铸态过共析钢，含碳 1.21%，金属基体为珠光体，晶粒间界上分布着许多网状渗碳体、磷共晶和部分氧化物，碳分布比较均匀。图版捌，1、2 为其金相形貌。这是迄今所见我国古代唯一的一块坩埚钢，在世界上也是较早的。我们推测，它很可能是铁矿石在高温下直接还原得到的，并已用煤作燃料和还原剂。它究竟是偶然得到的还是有意冶炼所得，有待进一步研究[31]。图版捌，3 为坩埚附着钢观察面外部形态。

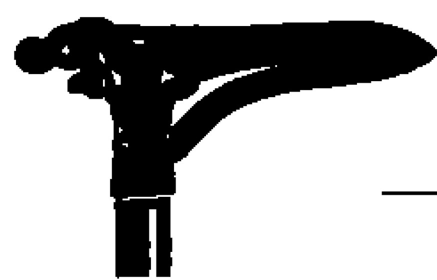
以上谈到了秦汉时期我国的主要制钢法。块铁渗钢在汉代仍有使用，之后渐衰，铸铁脱碳钢在汉魏达鼎盛阶段，因其实属铸铁可锻化退火处理，下面再作介绍。到东汉晚期为止，我国古代制钢术的基本体系便已形成，以炒钢、灌钢工艺为主，以渗碳钢、百炼钢等为辅，这四种工艺一直沿用到了明清，前三者则直到近现代仍有使用。今人常把以铁矿石为原料直接制钢的工艺叫一步冶炼，把先炼生铁，后由生铁炼钢的工艺叫两步冶炼，故炒钢和灌钢应是世界两步冶炼的最早起点[32]。

由于钢铁技术的发展，铁器使用量大为增加。战国时期，铁器只在农业、手工业中占据着主导地位，钢铁兵器还是较少的，唯长沙衡阳一带[33]和燕下都[34]出土稍多。西汉中期之后，除箭镞外，钢铁兵器就逐渐占据了主导地位。如 1953 年，洛阳烧沟发掘 225 座西汉中期至东汉晚期墓葬，出土铁兵器 51 件，其中刀 18 件、剑 25 件、斧 4 件，但铜兵器只有铜镞、铜矛各 1 件。其中铁剑长度在 1.0 米以上者计 9 件，最长为 117.8 厘米[35]。洛阳西郊汉墓铁器反映的情况与此基本一致[36]。在兵器中，唯镞之铜铁更替过程较为缓慢，大约西汉中、晚期，铁镞才取代铜镞的主导地位。1975～1977 年，汉长安武库出土铁剑 3 把、刀 10 把、戟 4 件、矛 4 件、镞 1000 多枚，而铜兵器只有镞 100 多枚。武库建于高祖七年（公元前 200 年），毁于新莽[37]。

四、铜的冶炼及其合金技术

（一）铜生产的一般情况

从文献记载和考古资料看，秦汉时期主要有三大产铜区：（1）汉丹阳。即故“鄣郡”，武帝元封二年更名丹阳[38]。在铜镜铭文中，习见“汉有善铜出丹阳”等字样，吴王濞亦曾大量开采丹阳铜。《汉书·地理志》注所载设有铜官的地方只有丹阳一处。汉丹阳郡下属 17 县，包括今安徽、浙江、江苏的部分地方。唐《括地志》卷八“宣州”云：“铜山，今宣州及润州句容县有，并属鄣也。吴采鄣山之铜即此。”同卷“湖州·安吉”条云：“铜山，高一千三百尺，在县东三十里，吴采鄣



山之铜即此。”“宣州”在今安徽，“句容”在今江苏，“安吉”在今浙江，汉时皆属丹阳郡。(2)今湖北大冶铜绿山。其古井巷内曾发现汉河南郡铁官所辖第三冶铸作坊生产的“河三”铭铁斧[39]。(3)今四川、云南一带。《史记·货殖列传》云:“巴蜀亦沃野，地饶卮、姜、丹沙、石、铜、铁、竹木之器。”此外，《汉书·地理志》“地理志”注、《后汉书·西南夷传》等也谈到过四川、云南一带产铜。1988年，四川西昌东坪发现汉代冶铸铜遗址一处，遗址面积约2平方公里，地面可见冶铸遗迹约50多处，冶铸用土石炉11座，作坊遗址3处，发现大量炼渣（估计约达10万吨）、矿石、木炭、炉衬、耐火砖、风管、坩埚、铜锭、陶范等[40]。遗址以东的白云岩发现有古矿洞，地望与“地理志”注所云适相一致。

1958年，山西运城发现东汉采冶铜遗址一处，炼炉残破，暴露于悬崖，可能是圆形竖炉，出土有黄铜矿（$CuFeS_2$），品位5%，当采用了硫化矿冶炼[41]。《小校经阁金文拓本》卷一四“永元八年（96年）河东铜官所造四石弩机”一件，此河东郡铜官很可能与此遗址有关。

1953年河北承德清理汉代采冶遗址一处，包括采矿场、选矿场、冶炼场等，矿井深100多米，其铜锭上有“东六十”、“东五十八”、“西六十”、“西五三”等铭文，可能是东、西两厂分别生产的。有人推测该遗址至少有5座炼铜竖炉[42]。

广西北流县发掘汉至南朝采冶铜遗址一处，出土炼铜竖炉14座和大量鼓风管残段、炼渣、矿石、木炭等。炼炉为圆形竖炉，只残留炉底，底径36～43厘米，用粘土和石英砂筑成。以氧化矿冶炼，渣中氧化钙较高，冶炼时很可能加入了石灰石作熔剂，硅酸度为2.0左右，流动性较好。渣铜分离较好，渣中含铜量平均1.07%。有的鼓风管烧流得十分厉害，看来冶炼强度较高[43]。

汉代铜消耗量依然较大，其主要用途有四：(1)铸钱。由于社会经济的发展，货币流通量剧增。《汉书·食货志》云:“自孝武元狩五年（公元前118年）三官初铸五铢钱，至平帝元始（公元1～5年）中，成钱二百八十亿万余云。”每枚钱的重量不一，若依3.0克计，则由武帝到平帝120年左右的时间内，平均每年铸钱用铜量为700吨。此数是否确切，诸说不一。(2)日用器皿。包括一般容器、乐器、车马器、饰器等。满城汉墓出土铜器188件，有提梁壶、壶、钫、鼎、釜、锅、盆、甗、盘、钵、匜、耳杯、勺、炉、熏炉、“长信宫”灯、灯、枕、镜、朱誉衔环杯、剑、弩机、合页等40种[44]。器皿类占了相当大一部分。(3)铜镜。我国古代铜镜技术约发明于齐家文化时期，兴起于战国中、后期。西汉之后便出现了一个异常繁荣的局面[45]，全国南北方都有铜镜出土，不但种类较多，而且数量较大。洛阳烧沟225座墓中95座出土有铜镜，计118件[35]；洛阳西郊217座汉墓出土铜镜175件[36]。(4)建筑构件。《晋阳春秋》云:“武帝改营太庙，南致荆山之木，西采华山之石，铸铜柱十二，涂以黄金，镂以百物。”桓谭《新论》云:“王莽起九庙，以铜为柱，甍带金银，错镂其上也。”[46]《汉书》卷九七下云：赵飞燕妹所居昭阳舍，“切皆铜，沓眉黄金涂”。这都是汉代建筑大量用铜之证。

（二）冶铜技术的主要成就

1. 炉底风沟技术进一步推广开来。此技术始见于铜绿山春秋炼炉，汉后在四川西昌东坪也有使用。东坪冶铸炉计分5种，其中I型4座大约是用于冶炼的，炉



缸底部之下发现了两条风沟，风沟两头皆伸出炉壁之外，沟壁两侧以条砖砌筑，内壁敷草拌泥，再抹夹砂细泥，上用砖石覆盖[40]。

2. 使用了高岭土耐火材料。西昌东坪I式炼炉炉缸底部存有部分残片，厚大于5厘米，高岭土制成。炉址中发现过一块圆饼状泥片，径约7厘米，亦高岭土制成。一座精炼炉的炉腔内发现一块坩埚残片，复原直径30厘米，由含有石英砂的高岭土制成。经分析，一件灰白色耐火材料含 $SiO_2$50%左右，其余为硅酸铝和硅酸铝钙，成分与米易县所产高岭土相同[40]。

3. 使用了石灰石作造渣熔剂，北流铜渣可以为证。

4. 对胆水中的金属置换作用有了初步认识。《太平御览》卷九八八“药部五·白青”条引汉刘安《淮南万毕术》云:“曾青得铁则化为铜。”“曾青”即天然硫酸铜。用化学式表示，即：$CuSO_4 + Fe \rightarrow Cu\downarrow + FeSO_4$。这是我国古代关于金属置换作用的最早记载，宋代的胆铜生产便是在此认识的基础上发展起来的。

5. 铜精炼技术有了发展，主要表现是出现了一种标以炼数的工艺。这种工艺至迟出现于西汉晚期，有“十湅”、“三十湅”等。容庚《汉金文录》卷一载阳朔元年（公元前24年）上林铜鼎一，铭作“上林十湅铜鼎，容一斗，并重七斤，阳朔元年六月庚辰，工夏博造”等，总计33字。这是迄今所见标有炼数的最早器物。同书同卷还载有永始二年（公元前15年）“乘舆十湅铜鼎”两件，永始三年“乘舆十湅铜鼎”1件、元延三年（公元前10年）“乘舆十湅铜鼎”2件；此外，《枫窗小牍》说北宋宣和三年，人得西汉绥和元年（公元前8年）“官造三十湅铜黄涂壶”1件。从现有资料看，标以炼数的工艺，最先在铸铜业和黄金业中使用，之后才用到了钢铁业中。它们的相同处是：不管铜、金，还是钢，“百炼”都是为了进一步去除夹杂；不同处是：铜和金的“百炼”是在液态下进行的反复精炼，钢之“百炼”则是在固态下进行的反复锻打。

（三）铜合金技术

此期铜合金主要还是青铜，可能还有低砷铜合金。是否生产过黄铜，尚无确切资料。在青铜器物中，最具代表性的是铜镜和铜钱，又以铜镜成分控制最好。

1. 关于黄色砷铜合金

早在四坝文化时期，我国就利用共生矿冶炼过不少砷铜合金。人工配制的砷铜合金出现于何时，是学术界长期争论的问题。

《汉书·景帝纪》云：中元六年（公元前144年），“定铸钱、伪黄金弃市律”。此“伪黄金”很值得注意。有人认为它是铜锌合金（黄铜），主要依据是有的汉镜、汉钱含有一定量的锌（最大值为6.96%）[47]。也有人认为是含砷较低的铜砷合金，主要依据是宋何薳《春渚纪闻》等的记载，说汉武帝时丹阳人茅盈三兄弟先后入山修炼，以丹阳岁歉，点化丹阳铜以救饥人，而后人又把煅砒点铜法谓之丹阳法[48]。

宋何薳《春渚纪闻》卷十的记载是这样的:“丹竈之事……皆是仙药丹头也。自三茅君以丹阳岁歉，死者盈道，因取丹头点银为金，化铁为银，以救饥人，故后人以煅粉点铜，名其法曰丹阳；以死砒点铜者名其法曰点茆。”三茅，即茅盈（前145年～?）、茅固、茅衷兄弟三人，皆方士。

由上述资料看，我们倾向于《汉书》“伪黄金”即低砷铜合金的观点。下面将要谈到，汉钱含锌量大多数都很低，很难达到“伪黄金”色态。

2. 镜用青铜技术的稳步发展

笔者分析过14件西汉到东汉前期的铜镜合金成分，可知：（1）14件铜镜都以锡为主要合金元素，有铅锡青铜11件、锡青铜3件。（2）其中有10件为西汉镜，成分为：锡18.181%～26.754%，平均23.053%；铅1.238%～8.52%，平均4.227%。4件为新莽到东汉前期镜，成分为：锡18.631%～24.80%，平均22.381%；铅1.12%～7.004%，平均5.12%。可见此铜、锡、铅三者的比例不但十分得当，而且相当稳定，与战国镜大体属于同一成分范围，都反映了相当高的技艺[45]。

3. 钱币青铜技术

此期钱币含铅、含锡量一般都不高，含锌量很低。笔者统计过30枚汉代钱币合金成分[49]，其中包括汉半两、汉五铢、莽钱等。可知：（1）含锡量，平均值为4.04%，有18枚含锡量为0～5%，最高值只有9.83%。此三种货币中，各自的平均含锡量皆处于3%～5%间。（2）含铅量，平均值为7.33%，有10枚的含铅量为0～2%，有22枚的含铅量为0～8%。但值得注意的是有3枚标本含铅量超过了20%，最大值达37.05%。（3）含锌量，30枚钱币平均值为1.1457%。其中9枚西汉钱币（西汉半两3枚、吕后八铢半两1枚、文帝四铢半两3枚、西汉五铢2枚）平均值为1.2168%。在30枚标本中，含锌量大于2%的只有8枚，具体数值为：2.82%、2.66%、3.85%、2.9%、4.11%、3.03%、2.15%、6.96%。此铜、锡、铅当是人们有意配制，锌可能是无意带入。人们对钱币性能原无十分严格要求，这种成分自能满足其使用性能的需要。

五、汞和金银冶炼技术的发展

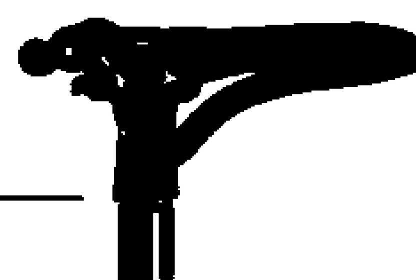
（一）水银使用量的增加和冶炼技术的进步

秦汉时期，水银冶炼技术有了较大发展，这从丹砂生产量和水银使用量两方面都可看到。《史记》卷一二九“货殖列传”云：“巴蜀寡妇清，其先得丹穴，而擅其利数世，家亦不訾……秦皇帝以为贞妇而客之。”① 清的家族能擅丹砂之利数世，可见产量不小。丹砂有多种用途，其中较为重要的一个是炼汞。秦汉时期水银的主要用途约包括四个方面：（1）作汞齐以镀物。（2）用混汞法来提取金银。（3）入药。《本草纲目》卷九载：《神农本草经》将水银作为中品药。（4）殓尸，据说水银具有防腐功效。《史记》卷六“秦始皇本纪”载：始皇崩，葬郦山，“以水银为百川江河大海，机相灌输。上具天文，下具地理”。

依操作原理，我国古代炼汞法大约曾有过三种不同的工艺[50]：

1. 低温焙烧法。利用空气中的氧来还原丹砂中的汞，使丹砂中的硫以二氧化

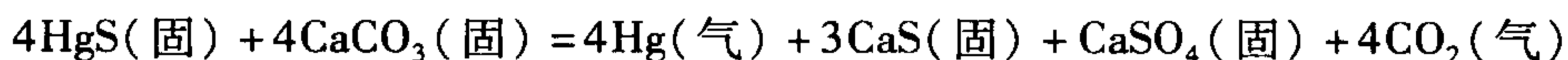
① 对寡妇清的籍贯，史书上曾有两种说法：一是《史记》卷一二九“货殖列传”，说是“巴蜀寡妇清”；二是《汉书》卷九一“货殖传”，说是“巴寡妇清”。从后世研究者的注释来看，《汉书》之说当更准确一些。如《史记》裴骃“集解”引徐广曰：“涪陵出丹。”张守节“正义”引《括地志》云：“寡妇清，台山俗名贞女，山在涪州永安县东北七十里也。”古有巴国、蜀国，汉有巴郡、蜀郡，大约司马迁是将整个巴蜀当成一个大地区了。



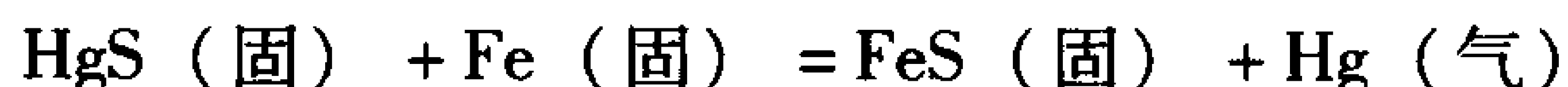
硫的形式逸出。其约发明于先秦时期，直到汉唐仍有使用。《本草纲目》卷九“金石·水银·集解”载:“经云：出于丹砂者，乃是山中石采粗次朱砂。作炉置砂于中，下承以水，上覆以盆器，外加火煅养，则烟飞于上，水银溜于下，其色小（稍）白浊。”这里未提到密封，也未提到还原剂，很可能是一种低温焙烧法；它是用“下承以水”的方式来冷却的。此“经”当指《神农本草经》，它是先秦至汉代本草学之集大成。

2. 蒸煮法。将丹砂置于密闭的容器内，利用配入的某种还原剂将丹砂中的硫夺去，将汞还原出来。还原出来的汞挥发后，依然同在一个系统内冷却。约发明于汉，一直延续到唐宋。依加热和冷却方式之不同，它又分为下列两种操作：

（1）下火上凝法。东汉大炼丹家狐刚子曾把水银冶炼工艺分成了三种，即“雄汞”法、“雌汞”法、“神飞汞”法，大体皆属蒸煮法。其炼“雄汞”法操作是:“取朱砂十斤，酥一合。作铁釜，圆一尺，深半寸，平满，勿令高下不等，错（剉）之使平，以为釜灶，亦令正平。然后取青瓮，口与釜口相当者四枚，以酥涂釜，安朱砂于中，其朱捣筛令于釜中薄而使酥气，然后以瓮合之，以羊毛稀泥泥际口，勿令泄气。先然腐草，可经食顷，乃以软木柴然之……放火之后，不得在旁打地、大行、顿足，汞下入火矣。从辰至午当下之。待冷或待经宿，以破毛袋取著新盆中。以软苇皮裹新绵三四两许，好急坚缚，如研米槌状，于瓮中破之，安稳泻取尽罢矣……其烧汞之人多食猪肉及酒，若不食者，汞气入人腹中，五脏塞不能饮食，久久伤人，慎之。好朱一斤能得十二两，中朱十两，下朱八两。”[51]可知其要点是：在密封的铁质或土质上下釜中加热丹砂，上下釜间以盐泥固济，丹砂受热分解产生的汞冷凝在上釜的内壁上。即火在下，汞凝于上。由后面几句可见，早在汉代，人们便对汞中毒有了一定的认识。文献中没谈到还原剂，可能是由下列两种物质代替的：一是原料带人的碳酸钙等夹杂，二是铁釜[50]，反应式当分别为：



$$4HgS(固)+4CaCO_3(固)=4Hg(气)+3CaS(固)+CaSO_4(固)+4CO_2(气)$$



$$HgS(固)+Fe(固)=FeS(固)+Hg(气)$$

两个反应式都有气体生成，尤其第一个反应式，气体量是很大的。故完全密闭也是不可能的，总有部分汞随之飞损。

《黄帝九鼎神丹经诀》卷一一还同时谈到了“雌汞”法和“神飞汞”法，不再一一引述。三法大约皆用铁釜人药，工艺上并无太大差别，唯配料稍有不同。“雌汞”法使用的猪脂，实即是碳，可起到还原剂的作用；“神飞汞”法使用的黄矾，即是硫酸铁，加热后可分解出 SO_3，它可氧化密闭系统中由 HgS 加热分解出来的硫，从而也可起到还原剂的作用。

（2）上火下凝法。明刘文泰《本草品汇精要》（1505 年）卷三“水银”条，引宋苏颂《图经本草》曰:“经云：出自丹砂者乃是山中采粗次朱砂，和硬炭屑匀，内阳城罐内，令实。以薄铁片可罐口，作数小孔，掩之，仍以铁线罗固。一罐贮水承之，两口相接，盐泥和豚毛固济上罐及缝处，候干，以下罐入土，出口寸许。外置炉围火煅炼，旁作四窦，欲气达而火炽也。候一时则成水银，溜于下罐矣。”可见其整个蒸煮过程是在上下罐中进行的，上罐放朱砂和炭屑，其口向下，下罐盛水，其口向上，两罐口之间用一带孔的小铁板隔开，让汞蒸气透过。罐口相接

处密封起来，下罐埋入土中，在上罐周围加热。“旁作四窦”系为加热炉通风用的。还原出来的水银冷凝于下罐的水中。这里使用了炭作为还原剂，显然，其生产效率远较上述方法为高。此“经”亦《神农本草经》。在此值得注意的是：这段文字不为宋《重修政和经史证类备用本草》所引，亦不为明《本草纲目》所录，这两本书引用的都是《神农本草经》中的低温焙烧法；唯刘文泰引用的是作为蒸煮法中的上火下凝法。刘文泰系明代太医判，所录当有所本，如若无误的话，上火下凝法的发明年代也可上推到汉代的。

3. 蒸馏法。汞的还原也是在还原剂的作用下，在密闭体系中进行的，但还原出来的汞经挥发后，在另一个专门的系统中冷凝。此法约发明于唐，一直沿用到近代，下面再作介绍。

蒸煮法和蒸馏法的还原剂（或说脱硫剂）有生铁、石灰石、铅等。

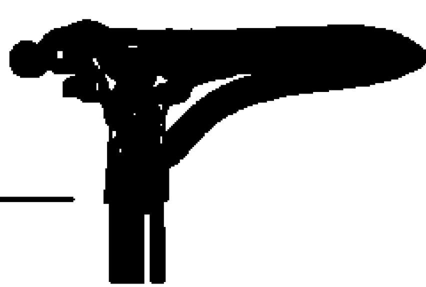
（二）黄金使用量之增加和提取技术之进步

此期黄金的主要用途有四：（1）秦和西汉皆以黄金作为货币。《汉书》卷二四下“食货志”云：“秦并天下币为二等，黄金以溢为名，上币；铜钱质如周钱，文曰半两，重如其文。”西汉一代，黄金是上下通行的，名义上应与铜钱平等，实际上却处主币地位。文帝之后，“黄金重一斤，直钱万。朱提银重八两为一流，直一千五百八十”。1995～1996 年，山东长清县双乳山一号汉墓出土金饼 20 块，总重 4 262.5 克，最大直径 6.6 厘米，最小直径 6.2 厘米；其上多划有“王”字，少数划有“齐”、“齐王”等字。为汉墓金饼出土克数最多者[52]。直至东汉时期，黄金才退出了流通领域[53]。（2）用作装饰，如镀金、错金、贴金和纯金类工艺品。1957 年，陕西神木西汉墓出土金虎一对，雌虎长 12 厘米、高 5.6 厘米，通体饰条纹；雄虎长 12.2 厘米、高 5.7 厘米，两虎形制大体相同。（3）制作少量实用器具。满城 1 号汉墓出土有医用金针 4 枚、金银带铐各 1 枚[44]；广西贵县罗泊湾汉墓出土金耳挖 1 枚[54]。（4）君王用于赏赐。此四项中，除第三项外，其他使用量都是较大的，后者的数字更是大得惊人。赵翼《廿二史劄记》卷三“汉多黄金”条征引“史”、“汉”，对汉代大宗的黄金赏赐作了简单介绍：“汉高祖以四万斤与陈平，使为楚反间。”“文帝即位，以大臣诛诸吕功，赐周勃五千斤，陈平灌婴各二千斤，刘章刘揭各千斤。吴王濞反，募能斩汉大将者赐五千斤，列将三千斤，裨将二千斤。”“梁孝王薨，有四十万斤。”“卫青击匈奴……军受二十余万斤。”“王莽娶史氏女为后，用三万斤。”“莽末年，省中黄金万斤者为一匮，尚有六十匮。”这些数字的真实含义如何，早有学者提出过怀疑，今暂录于此，但数量较大应可肯定。

此期黄金采选和提取技术都获得了较大进步，人们不但对水砂金、山砂金的矿物形态和产床情况有了较深的了解，而且发明了硫黄炼金法、铅炼金法、汞炼金法等黄金提纯的多种工艺。

关于矿物形态和产床，前引《黄帝九鼎神丹经诀》卷九在谈到沙金时引东汉狐刚子《出金矿图录》说：“凡金矿，或在水中，或在山上。”并说水中金“是第一上金也”，山沙金是“第二金也”[51]。这些经验显然都是在大量开采过程中获得的。

黄金冶炼习又谓提纯、提取，基本目的是去除其中的杂质和共生元素，此后者主要是银。最简单的炼金法便是一般性熔炼，许慎（58～147 年）《说文解字》



云："金，五色金也，黄为之长；久不生衣，百錬不轻。"大约这便是指一般性熔炼、冶炼，也只能去除一般性杂质。这是我国古代文献中较早提到黄金冶炼、熔炼的地方，也是较早提到"百炼"一词的地方。下面分别介绍其他一些炼金法。

硫黄炼金法。据《出金矿图录》"出水金矿法"所云，提取过程约分三步：(1) 使金银与石英等夹杂分离，得到一种 Au - Ag 合金。其熔炼设备为坩埚，以松木炭为燃料，将金沙放入，鼓风加热，投入盐末，合搅，熔尽后以荆杖掠去浮渣。将所得金属倾入模中，冷定后将之打碎，并以铁锉加工成屑，以牛粪灰、盐末等分为助熔剂，以牛粪火加热熔化。所得金块若已柔软，则打成薄片。(2) 使银与硫黄作用，而达到金、银分离的目的。具体操作是：用黄矾石、胡同律等分和熔，和泥涂金片上，再以炭火反复烧红四五遍，即成赤金。(3) 进一步提纯，以得到可以用作金箔、金泥的黄金。大体操作是：熔金一斤，与石硫黄、曾青等分一两入埚中合搅[51]。从现代技术原理看，这整个过程是相当合理的。盐（粗盐内含 Na_2SO_4、$MgCl_2$）、牛粪灰（含 K_2CO_3 等）皆为造渣剂，使石英类夹杂与金、银分离。胡同律即胡同泪，即胡杨分泌的树脂。黄矾即硫酸铁，与胡同律一起煅烧必产生硫黄，硫黄与金箔中的银作用，产生色黑质脆的硫化银，从而使黄金与银等杂质分离。山砂金的提纯工艺更为复杂，所用熔剂种类亦更多。狐刚子，赵匡华考证为东汉末年人，与张道陵同时或稍早[55]。陈国符认为是晋人[56]，前面皆曾提到。今从赵说。

水银炼金法。张道陵《太清经天师口诀》载："作水银炼金法：将此铅炼金三十六两，打作薄。用水银三十两，安瓷器中，微火缓暖之，渐下金薄，讫将一瓷器密合其上，经宿成泥。甘埚消之，水银消，唯有金在。如此三七遍，名曰水银炼。渐渐减毒，取合水银也。"[57]显然，这过程分两步：(1) 制作汞齐；(2) 驱汞。这是利用水银提纯黄金，今俗谓之混汞法。

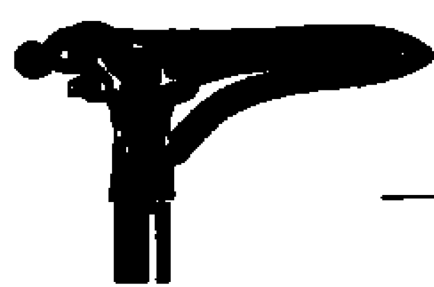
铅炼金法。《太清经天师口诀》"度灾灵飞散法"载："一切金银多毒，若不精炼，恐畏伤人。先铅炼三七遍，次水银炼三七遍……铅炼金法：用金三十六两，用铅七十二两。作灰杯，火烧令干，密闭四边，通一看孔。安铅杯中。作一铁杯，大小可灰杯上，遍凿作孔，用合灰杯。杯上累炭，炭上覆泥。火之铅尽，还收取金。更作灰杯，如是三七遍，名曰铅炼金也。"[57]此提纯方式是先作铅与金的合金，之后通过氧化的方式将铅去除，以达到提纯金的目的。

此三种黄金提纯法，适应于不同的条件，各自都有长处和不足。水银炼金法在 20 世纪末仍在民间使用。

（三）白银冶炼技术的进步

我国古代关于金银冶炼技术的记载较晚，并且是到了 20 世纪 80 年代中期，有关学者在研究狐刚子、张道陵时，才在《道藏》中发现的[55][56]。我国古代白银冶炼的主要方法是"铅炼银"法，今人又谓之灰吹法，它始见于东汉时期。

铅炼银法的基本原理是：利用银与铅容易形成合金的特点，先将银溶入铅中，之后置风炉中烧炼，令铅氧化成密陀僧（PbO），此物或为风吹去，或渗入灰中，从而达到提纯银的目的。狐刚子、张道陵为此都曾作过详细记载。狐刚子《出金矿图录》[51]谈到的"出矿银法"，即是从银矿中提取并进一步精炼白银的方法，这



应是我国古代关于“铅炼银”法的最早记载[55]。它的基本操作与前述张道陵《太清经天师口诀》“铅炼金法”大体上是一致的[57]；唯狐刚子所云较为繁杂，故不再引出；张道陵所云虽较简明，但前已引出，今不再重复。后世炼银工艺的灰吹法，与此基本一致。第八章还要细谈。

六、铸造技术

先秦时期，我国古代金属铸造的一些基本工艺，如泥型铸造、出蜡铸造、金型铸造等都已出现；秦汉之后，各项操作皆更为娴熟起来。此期铸造技术上的重要变化是：(1) 在材质上，改变了战国中、晚期以前以铸铜为主的状态，铁器铸造在社会生产中占据了主导地位；(2) 生活日用器在铸件中的地位亦更加突显出来。

（一）化铜、化铁炉构筑技术的发展

从西昌东坪、南阳瓦房庄等铸造炉址看，汉代化铜炉、化铁炉技术又有了不少的进步。主要表现在下列三方面：

1. 不管化铁炉还是化铜炉，都使用了砖石结构。南阳瓦房庄炉体使用了弧形耐火砖，外敷草拌泥，内搪炉衬；耐火砖以掺有石英砂粒（有的似曾粉碎过）的粘土制成。炉高达 3 ~4 米，内径平均 1.5 米[4][11]。西昌东坪 IV 式化铜铸钱炉以条砖和砂岩砾石砌成，砾石间衬以砂土，在第 13 层还发现一排弧形耐火砖[40]。战国阳城化铁炉是用掺有砂子的耐火土构筑的。

2. 化铜、化铁炉都使用了保温防潮风沟，且结构上有所改进。西昌东坪 Ill 式椭圆形化铜炉炉底风沟呈马蹄形（U）形，炉身平面呈椭圆形，内径 1.8 米 ×0.80 米，风沟置于长轴方向上[40]。瓦房庄使用了一种空心炉底，炉缸建筑在透空支座上，支座下设有 15 个左右的支柱[4]。这种结构在战国阳城化铁炉上不曾看到，唯见于铜绿山春秋炼铜炉，且其只作简单的“T”字形[58]。

3. 出现了椭圆形铸炉，这在西昌东坪可以看到[40]，目的和效果与炼炉同。

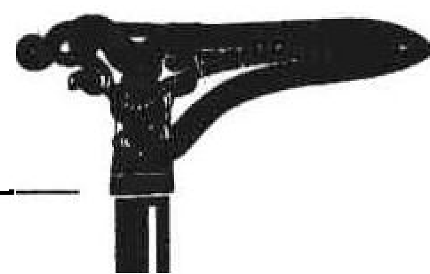
4. 很可能也使用了换热式送风装置，不然一些风管表面烧流情况就很难解释。瓦房庄曾出土过一段风管，残长 0.7 米，内胎陶质，外敷厚约 45 毫米的草拌泥，其下侧的泥料表面烧流呈下滴状，近拐角处的泥料顺角往下流[4][11]。图 3 -2 -3为南阳瓦房庄化铁炉复原图。

（二）泥型铸造

此期的泥型铸造虽不如商、周那样出色，但还是有不少值得注意的地方：

1. 在镜范中羼入了稻壳灰。此类镜范是 1997 年之后在临淄陆续发现的，并于 2005 年做了科学鉴定[107]。稻壳灰所含 SiO_2 量较高（94.36%）[108]，它的使用，便扩大了铸范配料的来源，较好地保证了铸范含硅量和耐火度。这是经过了科学鉴定的关于铸范羼入稻壳灰的较早的实例。早期陶器中曾有过夹炭技术，但其与陶范羼灰在技术水平上是不同的。陶器夹炭是一种较为原始的工艺形态，并很快就退出了历史舞台，其主要目的是便于成型；陶范羼灰是一种较进步的工艺，并一直沿用下来，其主要目的是提高陶范的含硅量和耐火度。

2. 面料和背料技术在操作上又有改进。古荥汉代铸铁作坊大型犁铧所用泥范，是先把背料制成范块，表面打出许多夯窝，然后将面料涂敷其上的；其面料抹得十分光平，且粘结较为牢固，这不但节省了面料，且提高了制范效率[2][11]。



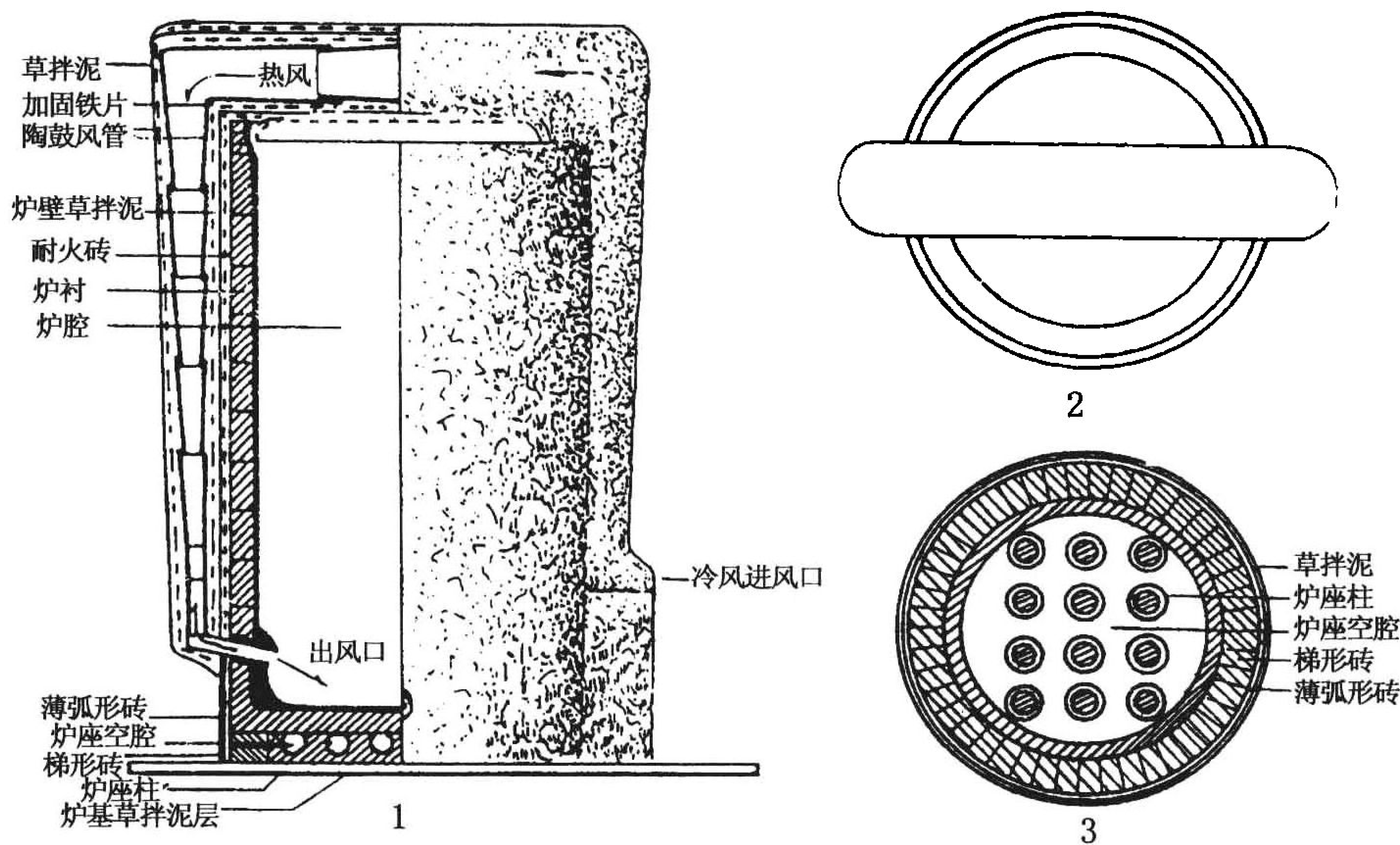


图 3－2－3　南阳瓦房庄汉代化铁炉复原图

采自文献[11]

3．泥芯和泥范用料不尽相同。芯料中常可看到星星点点的白色灰烬，显然是羼入了破碎过的植物干、茎、叶，这有利于改善芯子的透气性和高温强度。合范用的加固泥常选用较粗的泥料，并羼入多量的麦秸一类植物，可提高透气性。此技术在河南汉代各遗址所见大体相同[11]。1990 年山西夏县禹王城汉代铸铁遗址出土一批陶范，其中包括铧、铲、六角承、釜、盆、罐、车軎等器范，其内范含砂量一般高于外范，亦含有糠壳类物质[59]。

4．制范时很可能使用了模、模板和边框。做法是：先将模置于模板上，套上边框，再把和好的泥料填入框内，边放边夯实。之后阴干，入窑烘烤。南阳瓦房庄的犁铧，一字形锸、凹字形锛等和各种铁范，大约都是这样制造的[11]。

5．浇口和冒口已明确分开。这在古荥泥范[11]，以及许多镜范上都可看到。类似的镜范在《岩窟藏镜》载 1 件，传为山东济南出土（图 3－2－4）；《古器物范图录》载 5 件，有 3 件亦传为山东所出，另 2 件出土地点不详。6 件镜范的基本结构一致，整体作瓢状，在“瓢柄”的顶端设有一个浇口，两侧各设一个冒口[60]，比战国时期又有了一些进步。1997～2005 年，临淄齐国故城出土汉代镜范（片）达 94 件，亦



图 3－2－4　《岩窟藏镜》所载汉草叶纹日光镜范

采自《岩窟藏镜》第二集上图二三，传为济南出土

反映了这个进步[109]。

6. 分型剂使用得更为普遍。河南古荥汉代泥范等皆使用了滑石粉涂料[11]；山西夏县禹王城汉代铸铁遗址出土的铸范中，不管是泥芯还是外范，表面多涂刷了滑石粉[59]。这些，对于提高生产效率，改善铸造质量，都具有重要意义。

秦汉时期的泥型铸造除了浇铸一般性铜、铁器外，还铸造了不少的铁范，以及部分铜范。

（三）层叠铸造

目前在陕西咸阳[61]、西安[62]、汉长安城[63]、河南南阳[64]、邓县[65]、温县[66]等地都发现了与汉代叠铸有关的实物，仅河南温县烘范窑一处就出土了以车马器为主的500套各类叠铸泥范，且多数保存较好。汉代叠铸产品主要有钱币和车马器，由于商业和运输业的发展，这两种产品的需求量都是较大的。

从实物考察可知，温县等地的汉代叠铸工艺大体有三种分型方式：（1）如六角轴承等，采用单面范，在端面分型；（2）如革带扣等，采用双面范，作对开水平分型；（3）如部分钩形器等，采用不平的分型面。一般叠铸范大凡都是使用金属模盒翻制出范片，然后叠合成套的。故范片皆有较高的互换性。有的铸范叠合层数较多，如革带扣范竟达14层，每层6件，一次便可铸84件。范腔之间的泥层一般较薄，有的小型铸件内浇口壁厚只有2毫米。范的外形与范腔亦较吻合，不少铸范削去了角部，这一方面有利于均匀散热，另一方面亦可节省泥料[11][66]。

（四）金型铸造

我国古代金型铸造主要包括铜范铸造和铁范铸造两种工艺，汉时都有了进一步发展，不但分布地域更宽，而且产品种类亦有增加，尤其铁范铸造。

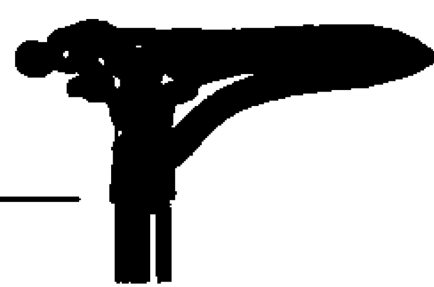
汉代铁范和浇铸铁范的泥型目前在河南南阳瓦房庄[4]、郑州古荥镇[2]、鲁山[14][67]、镇平[68]、新安[69]、巩县[70]，山东莱芜[71]、滕县[72]等地都有发现，此外，从有关考古实物推测，今山东金乡很可能也有过铁范铸造[73]。铁范铸造的产品，主要是一般农具和轴承，此外还有一种四方形板材。铁范浇铸过程约可分为五步[74]：（1）先做实物模型；（2）以此模型翻出“一次泥范”；（3）再以“一次泥范”为模，翻出“二次泥范”；（4）以“二次泥范”浇出铁范；（5）最后再以铁范浇出形状与实物模型完全一致的产品来。铁范铸造的优点：一是其坚固耐用，从而减少了制范工作量，提高了生产效率；二是其产品易于获得白口铁组织，有利于下一步的可锻化退火处理。铁范铸造与可锻化退火处理的结合，是我国古代劳动人民在钢铁工艺方面的一项特殊创造。

铜范主要用来铸造钱币，目前在陕西澄城[75]、江苏徐州[76]、山东诸城[77]、湖南攸县[78]等地都有出土，陕西省博物馆等亦有收藏[79]，《簠斋吉金录》等也有著录。范体有长方形、圆形、椭圆形等，陕西省博物馆分别藏有“大泉五十”铲形铜范、圆形铜范各1件[79]。铜范浇铸工艺与铁范相类似，不再重复，曾有学者作过较为细致的研究[80]。

七、金属加工技术

（一）锻打技术

先秦时期，整个锻造技术都处于次要的地位。青铜锻造虽在春秋战国时有了



一定发展，但数量依然是较少的；铁器成型亦以铸造为主，锻造主要用于兵刃器上，所以我国古代整个金属锻造技术的发展，实际上是汉代之后的事。其主要表现在下列五个方面：

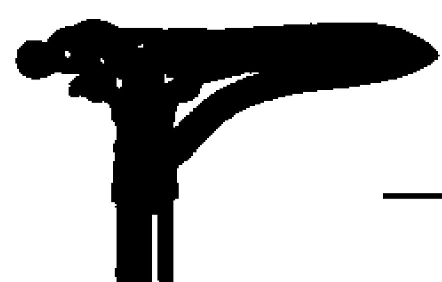
1. 发明了百锻百炼技术，它在较大程度上反映了钢铁锻打技术的发展水平。

2. 一般兵刃器和日常生活用器中的锻件明显增多，有关情况前面谈到过一些，今再举一例。1991～1992年安徽天长县发掘战国晚期(1座)至西汉中晚期墓(24座）葬群，其中西汉墓出土的铜器主要是生活日用品，种类有鼎、鐎盉、洗、钫、壶、钟、舟、镜、钱币、带钩等20余种，属兵器的只有弩机、短剑2种；出土的铁器中相当大一部分是刃器，种类有剑20件、戟2件、矛2件、削12件、刀2件、匕首2件、斧3件、铲1件、扁铲8件、钻3件、方凿2件、凹凿2件、刨刀1件等[81]。虽今未曾进行科学分析，但可肯定相当部分铁器应是锻制的。东汉后期，锻制农具进一步增多起来。

3. 铜器热锻量亦稍有增加。如满城1号汉墓出土的一套铜甗、3件铜釜、2件铜盆等，都是捶鍱制成的，薰炉（1:5003）等的提笼则部分使用了捶鍱工艺[82]。西汉南越王墓出土的1件铜铞、1件铜盆皆热锻而成。铜铞成分为：铜82.7%、锡8.7%、铅6.57%；铜盆成分为铜66.6%、锡12.6%、铅1.4%、铁1.06%、锌<0.01%，呈再结晶的等轴晶[83]。南阳卧龙乡汉代青铜舟YN1亦是热锻而成，成分为：铜79%、锡18.73%、铁0.88%、硅0.71%、铝0.69%。图版柒，4、6为其组织形貌[84]。

4. 锻制了不少铁甲。铁甲出现于战国时期，但今见实物多属汉器，西汉齐王墓[85]、洛阳西郊汉墓[36]、呼和浩特二十家子[86]、徐州狮子山西汉楚王陵、西汉南越王墓[18]、福建崇安[87]、河北满城汉墓[44]、汉长安武库等都有出土。满城出土铠甲一具，由2859片甲片联缀而成，经分析其中一片为块炼铁，含碳量不超过0.08%；表层含碳量稍低，铁素体呈细小等轴晶，晶界上有少量游离渗碳体。尤其值得注意的是，徐州狮子山西汉楚王墓6件铁甲片皆为铸铁脱钢，其中3件曾经冷锻[18]。

5. 花纹钢始见于记载。花纹钢是一种表面上带有花纹的铁碳合金，传说它发明于春秋末年，但却是到了汉代才见于记载的。东汉赵晔《吴越春秋·阖闾内传第四》载，吴国铸剑大师干将制作了铁剑两枚，阳剑曰“干将”，“作龟文”；阴剑曰“莫邪”，“作漫理”；“干将匿其阳，出其阴而献之阖闾”。《越绝书·外传记宝剑》载：风胡子致吴，请越国铸剑大师欧冶子、吴国铸剑大师干将为楚王作铁剑三枚，一曰“龙渊”，“观其状如登高山，临深渊”；二曰“泰阿”，“观其釽巍巍翼翼，如流水之波”；三曰“工布”，“釽从文起，至脊而止，如珠不可衽，文若流水不绝”。此书不著撰者姓名，《四库提要》认为是汉袁康撰，吴平定。显然，从书中记述看，“干将”、“莫邪”、“龙渊”、“泰阿”、“工布”五枚铁剑都是具有花纹的，这是我国古代关于花纹钢的最早记载。从技术上看，春秋末年制作花纹钢剑的条件也是存在的，但可惜为孤证，需进一步研究；结合魏晋时期的大量文献记载看，汉代存在这一工艺是完全可能的。有关情况下章还要谈到。



（二）冷锻技术

早在岳石文化、四坝文化时期，人们就较多地使用过冷锻技术，但那是一种简单的成型，还是为了冷作硬化而采用的措施，目前尚难判断。汉代之后，冷锻技术有了较大发展，显然是人们有意所为。满城汉墓出土过一件铁錾，含碳量约 0.25%，刃部晶粒有明显伸长，显微硬度较高（刃部边缘约 HV = 250 千克/毫米^2，刃部中心约 HV = 200 千克/毫米^2），说明它成型后曾作冷锻，是利用冷作硬化来提高錾刃部硬度的；变形量估计为 30%[13]。徐州狮子山有 3 件铁甲作过冷锻，也是为了同样的目的。冷作硬化的利用，是汉代金属加工技术上的一项重要成就。

（三）铜锣技术

铜锣是一种重要的打击乐器，始见于汉。1976 年，广西贵县罗泊湾西汉前期木椁墓出土 1 件[88]、1975 年海南琼中县乌石农场东汉初年瓮棺墓出土 1 件[89]。后世铜锣一般含锡量较高，且都是锻打的，反映了较高的热加工技艺。此汉代铜锣未曾分析过，是铸是锻尚未可知，但因 δ 相的存在，铸制铜锣是较脆的。

（四）型压技术

我国古代金属型压技术主要用在金银器上，始见于先秦时期，汉后继续沿用。上海市文物保管委员会收藏铁质金背四神规矩镜 1 件，直径 20.5 厘米；圆钮，四叶座，座外双层方框，框内有十二地支铭，主纹为八乳、规距纹、四神等，外为一周流云纹。镜背内区皆为金质，金背部分径 15.0 厘米；缘区为铁质镜体，缘斜而宽。内区贴金图纹是用模子压成的，线条凸出流畅，挺劲有神[90]。

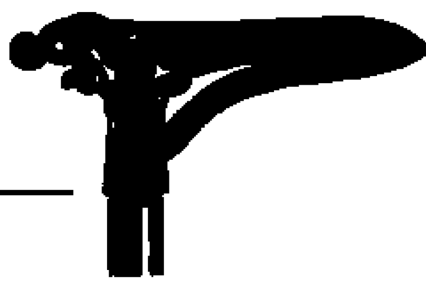
（五）拉拔

这是生产线材的重要工艺。它在我国约发明于汉，最初主要用在金丝拉拔上，宋代之后，才用到了铜铁工艺中。金属拉拔技术发明前，线材生产法大约主要有二：一是直接锤击；二是先将金属加工成薄片，再视需要进行剪切，之后再作修整。满城汉墓出土两套金缕玉衣，多数金缕都是应用第二种方法，即剪切金属片之法制成的，但也有少数金缕则很可能应用了拉拔技术。这后一种金丝呈合股状，每根粗约 0.08 ~ 0.14 毫米，12 根拧为一股。在金相显微镜下，其边缘晶粒较细，中间晶粒较粗，且晶界平直，人们推测，这很可能是每次退火后加工量很小，变形不能深透造成的[13]。有学者认为秦俑坑铜丝有拉拔而成者，笔者亦曾做过观察和分析，认为此说目前尚无确切依据。

（六）关于车削加工

许多汉代青铜器，包括部分铜镜、青铜容器等的表面都存在一些细小、均匀、同心度较高的加工道纹，许多学者都曾注意到过这一现象。如湖北省鄂州市出土 1 件西汉卷叶纹镜 E1，低卷缘，缘高 0.65 厘米，正背两面漆黑发亮，卷缘之内，以及卷起的缘上，都分布着密密麻麻、清晰均匀的加工纹路。类似的道纹在湖南长沙出土的西汉四乳四螭镜背缘部[45]、满城汉墓出土的五铢钱上[44]都可看到，尤其值得注意的是，河南南阳出土的汉代铜舟 YN1，其内、外两个表面都呈现有匀细的加工道纹[84]，它是否使用了类似于车削和镟的技术，很是值得研究（彩版柒，1、2）。

一般而言，在器物表面形成加工道纹的原因可能有二：一是铸件的模子或型



范留下的痕迹；二是直接加工铸件的痕迹。在此看来，前者的可能性较小，泥范或泥模一般不必进行这种加工，而且南阳铜舟 YN1 是一种锻件，似应以第二种的可能性较大。此加工所用“刃器”可以是钢，也可以是某种坚硬的石器。我国古代的制钢术和钢铁淬火术约分别发明于西周晚期和春秋晚期，故在汉或稍前使用钢的车具也是可能的；若为石器，且有多个刃口的话，便与磨削相当了。这种简单的车削当然较为原始，是不能与近现代相比的。它的发明，很可能受到过陶轮修边的启发。

（七）焊接技术

铜焊技术在秦汉有了进一步发展，人们在考察始皇陵 2 号铜车时，发现其轼与舆的连接处便使用了铜焊，今仍可见一道不甚规则的铜液流块[91]。满城 2 号汉墓曾出土 1 件“银柄”铁刃环首刀，其柄和环首皆由接近共晶成分的 Au－Cu 合金制成，“银柄”与铁刃是使用铜焊料焊接在一起的[13]。

看来到汉代为止，我国古代焊接技术便已大体成熟，这主要表现在下列三个方面：（1）古代钎焊技术的两项基本工艺，即软钎焊和硬钎焊，先秦便已具备，汉代又有了进一步发展。（2）早在先秦时期，部分焊料成分便已选择较好。（3）早在先秦时期便焊接了一些体型稍大、形制较为复杂的器物。除这三方面外，焊接熔剂的使用情况也是评价焊接技术发展水平的一项重要标志。一般而言，汉和汉前也应使用过某种焊接熔剂的，但具体情况不明。

在现有资料中，有关焊接熔剂的记载是到了唐代才见于《新修本草》的，其中谈到了硇砂和胡桐泪两种“焊药”，但这并不排除在六朝，或更早便使用过性能较好的焊接熔剂的可能性。东汉狐刚子在谈到“出矿银法”时说到过要用“硇末”作为助熔剂来炼银[110]，后赵（328～351 年）道家著作《神仙养生秘术》谈到过用硇砂来炼制砷白铜[111]，不管炼银还是炼制砷白铜，此硇砂都是一种熔剂。依此，我们并不能完全排除六朝或者更早便使用过硇砂等性能稍好的焊接熔剂的可能性。

（八）表面磨光技术的发展和“透光镜”的出现

人类对器物表面的磨光技术约发明于旧石器时代晚期，冶金术发明出来后，人们又把它用到了金属器上。商周时期，许多青铜器表面都要经过不同程度的打磨，尤其是鉴燧。汉后，因一般金属器物的表面加工量减少，铜镜表面加工就越发突出起来，透光镜便是铜镜研磨过程中产生出来的一种特殊产品。其特点是：把镜面对准太阳或其他强光源时，在反映到墙上的光斑中，能呈现与镜背图纹相应的图像，即是“透光”，其实铜镜是不透光的，此名不过是一种借喻。

“透光镜”约始见于战国时期，其始可能是偶然出现的，至迟唐代，人们就开始了有意生产，直到清代晚期还在我国一些地区生产和流传。从大量研究资料看，铜镜“透光”机理是在镜面上产生了与镜背图纹相应的曲率差异之故，影响铜镜“透光”的工艺因素较多，最主要的是两条：（1）镜背上要有足够大图纹凹凸；（2）镜体的肉部要足够薄。只要满足了这两个条件，一般的铜镜，乃致铜钱等，都可以产生“透光”效应[92][93]。

（九）钢铁锋刃器的复合材料技术

即习所谓刃部加钢工艺。至迟始见于汉，在文献记载和考古发掘中都可看到。

《考工记·车人》汉郑玄注云:"首六寸，谓今刚关头斧。"唐贾公彦疏云:"汉时斧近刃皆以刚铁为之，又以柄关孔，即今亦然。"此说汉代斧头的刃部已经嵌钢，这是我国古代关于钢铁器物刃部嵌钢的最早记载。刃部加钢后，刀剑斧等器便具有了锋利的刃部和坚韧的身部脊部，从而极大地改善了它们的使用性能。有分析报告认为，巩县铁生沟铁䦆、吉林榆树老河深鲜卑族铁矛、直背环首刀（东汉）等都可能使用了刃部贴钢工艺[94]。说明此工艺当时使用已广。刃部嵌钢技术显然是随着制钢技术的发展和钢铁锋刃器的广泛使用而发明出来的，它应是先秦青铜复合剑技术的一种发展和演变。

八、热处理技术

此期热处理技术的成就主要表现在铸铁可锻化退火、钢和青铜的淬火，以及化学热处理三个方面。

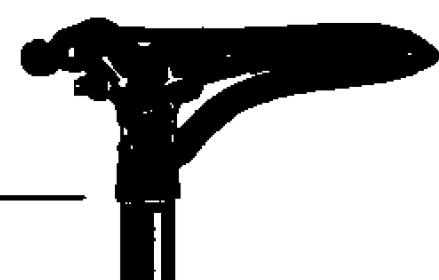
（一）铸铁可锻化退火

秦汉时期，铸铁可锻化退火技术发展到了相当成熟的阶段。目前在北到吉林[94]、南到广州[95]的广大地域内都有这类器物出土，品种之多，数量之巨，都是前所未有的。有学者分析过188件郑州古荥镇汉代冶铁作坊出土的铁器（农具146件，手工业工具21件，生活用具8件，其他13件），至少有112件进行过可锻化退火，占试样总数的59.6%[96]。此期铸铁可锻化退火处理的主要成就是：

1. 不论是脱碳退火件，还是石墨化退火件，大都处理得较为完善，夹生可锻铸铁（中心夹有白口铁组织者，有学者又谓之脱碳铸铁）已经较少。苗长兴统计了38件河南战国可锻铸铁，夹生可锻铸铁计26件，占试样总数的68.42%，又统计过191件河南汉代可锻铸铁，夹生可锻铸铁只有12件，只占试样总数的6.3%[97]。

2. 石墨化退火技术更为娴熟，一方面析出了许多发展得较为完善的絮状石墨，另一方面还析出了部分较为规整的球状石墨。人们分析过铁生沟出土的32件汉代可锻铸铁，其中有7件是以石墨化退火为主的。这类退火石墨一般都发育较好，其中既有珠光体基体，也有铁素体基体。具有球状石墨的可锻铸铁标本在汉代铁器中已有10余件[97][98]，如瓦房庄东汉铁䦆（T1:135）、铁生沟铁锛(T3:28)、铁䦆（T4:1）、古荥镇一字形锸（T7:5）等。有的石墨已全部球化，其金属基体有铁素体、珠光体、铁素体+珠光体，成分范围较宽。铁生沟铁䦆T4:1、瓦房庄铁䦆T1:135等都是较好的产品，其球墨都有明显的核心和放射结构，与现行球墨铸铁国家标准一类A级相当（图版捌，4）。这些球墨可锻铸铁的含硅量一般较低，锰硫比常为0.8~2.5，一般不含镁和稀土、碱土金属元素。如古荥铁䦆采23的成分为：碳1.79%、硅0.14%、锰0.05%、硫0.05%。因球状石墨比絮状石墨的可锻铸铁具有更高的强度，为此，今人一直力图在退火状态下得到球状石墨，并进行了许多新的探索，但迄今仍只能在实验室中，在严格控制温度、气氛的条件下，在含硅量高于1%的高硫铸铁中获得。我国古代能在低硅、低硫的情况下达到这一目的，甚为罕见。

3. 脱碳退火较为自如，许多器件整体脱碳成钢或熟铁后，又随之进行了渗碳和组织均匀化处理，从而得到一种在组织和成分上与现代铸钢相近，性能亦相去



不远的产品，使之成了汉魏可锻铁生产的重要工艺。人们不但用它制作了大量的斧、锛、刀、镰、剪、镞、镢、铲、锸、铧等生产工具、日用器和一般性兵器，而且生产了铁剑类大刃和铁镜类映照用器；同时人们还用脱碳退火的方式生产了一种梯形小铁板，这是有待进一步加工的半成品，人们可用它锻打加工成其他器物。满城汉墓铁镞等，脱碳退火后便直接使用了；而郑州东史马铁剪等[99]，则脱碳后又进行了充分的渗碳和组织均匀化退火，最后再加工成剪的形态。这种金相组织与钢相当的材料，习谓之“铸铁脱碳钢”，其实是处理得较好的“白心可锻铸铁”[100]。

4. 石墨化退火、脱碳退火两种产品在使用上表现出了分工的倾向，剪、刀、凿、斧、镞、梯形小板、铁镜等器，多作脱碳退火，少作石墨化退火。笔者分析过1件赤峰秦代铁镞、1件河南固始东汉铁镜（图版柒，3、5），其他学者分析过1件阳城汉代铁䦆（图版玖，1、2）[20]、6件满城汉墓铁镞，以及3件郑州东史马铁剪，都是脱碳退火处理较为完善的器件，中心未见白口铁残余。说明人们对这两种工艺的操作技术及其产品性能已有了较深的认识。

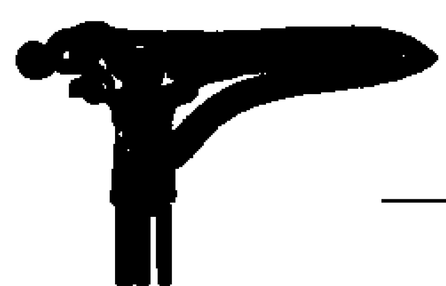
关于我国古代铸铁可锻化退火处理的具体操作，今日尚难详知，河南新郑郑韩战国铸铁遗址、登封阳城战国晚期铸铁遗址、郑州古荥镇、巩县铁生沟汉代冶铸遗址都发现过古代铸铁可锻化退火炉残迹。其中阳城战国脱碳退火炉保存较好，其设有一个抽风口[101]，看来脱碳退火的氧气主要是由空气供给。欧洲最早的铸铁脱碳退火是在炽热的赤铁矿粉中进行的。铸铁可锻化处理的发展和推广，对于汉代铁器的广泛使用和中央集权制国家的形成和巩固，都具有十分重要的意义。

在铸铁可锻化退火技术发展的同时，可锻铁退火技术也有了一定发展，满城汉墓铁甲片[13]、呼和浩特二十家子西汉甲片[21]、广州南越王墓铁甲片[95]都进行过退火处理。退火目的主要是消除加工应力和均匀组织，以改善材料加工和使用性能。

（二）钢和青铜之淬火

由于炼钢技术的发展和锻制兵刃器的广泛使用，秦汉时期，钢的淬火技术迅速推广开来。今见汉代淬火钢铁器有：辽阳三道濠西汉钢剑[102]、广州西汉南越王墓钢剑[95]、满城汉墓刘胜佩剑、错金书刀，永初六年“卅湅大刀”[21]、密县古桧城出土的铁凿、铁刀等[14]。其中满城二器原定为块铁渗碳钢，南越王剑和“卅湅大刀”为炒钢，古桧城二器原定为“铸铁脱碳钢”。可见，南方和北方，名贵刀剑和普通生产工具都进行了淬火。刘胜佩剑表面局部渗碳后淬火。这种局部渗碳、局部淬火，说明汉代制刀技术、热处理技术已达相当高的水平。

由于铜镜之广泛使用，青铜淬火术亦推广开来，目前作过科学考察的汉镜淬火试样约有30多件，如陕西西汉昭明镜Sh11、鄂州汉四神规矩镜E3、东汉环状乳神兽镜E20、安徽东汉大钮镜W12、北京东汉连弧纹镜B2等。从大量古镜金相分析资料看，铜镜热处理组织约有四种形态：（1）观察面上可见到较多的交叉针状、针条状物者。其交叉状物多数较短，有的稍粗，并较稀疏，其色青灰或棕褐，它们并非布满整个观察面；此处还有一些颜色与之相类的非交叉针状、条状、块状物；条状物常呈层流状、单片状分布，块状物无一定方向；这应是高温β相淬火，



并经回火转变后的组织。这些组织间布满了斑纹状、絮状物，此应是回火分解得到的（α+δ）相。(2) 观察面上可见到许多连续、不连续的环链状析出物者。这类组织亦呈青灰色、棕褐色，此外还可看到部分针条状、颗粒状物；这针状物常呈层流状、单片状或羽毛状分布，有的穿透晶界，而形成了明显的魏氏组织。这同样是β相淬火、回火转变后的组织。这类组织间同样可见到许多斑纹状、絮状的回火分解（α+δ）相。(3) 兼有上述两种组织者。(4) 观察面上可见到许多白色交叉状、针条状物者，如试样 Sh11 等。这些白色交叉条状物应是试样在（α+δ）两相区淬火得到的α相。它们之间同样布满了许多斑纹状、絮状物，应即是γ相淬火后回火分解的产物。图版玖，3、4、5、6，图版拾，1、2，分别为标本 Sh11、B2、W12、E20 的组织形貌。由上可见，汉镜曾在（α+β）相和（α+γ）相两个温度区间淬火[103]。

值得注意的是，此期还出现了一种新的青铜淬火器物，即青铜容器，即前面提到过的南阳汉代青铜舟 YN1，组织呈淬火—回火态（图版柒，4、6）。因淬火可改善青铜的塑性和加工性能，这是今日所见我国古代唯一经过了淬火处理的青铜容器。

我国古代关于金属淬火的记载始见于汉，《汉书》卷六四下“王褒传”引《圣主得贤臣颂》云:“巧冶铸干将之璞，清水焠其锋。”《史记·天官书》云:“火与水合为焠，与金合为铄。”《汉书·天文志》云:“火与水合为淬，与金合为铄。”许慎《说文解字》云:“焠，坚刀刃也。”此“焠”同“淬”。关于淬火的记载之多，说明了汉代淬火技术之发展。同时，从有关记载看，至迟东汉末年便开始了对淬火剂的选择，这将在第四章讨论。

需顺便说明一下的是，淬火对钢和青铜性能的影响是不完全相同的，淬火后钢的硬度会提高，青铜硬度却会降低，但两者淬火后的强度都会提高。

（三）化学热处理

此主要指钢铁器表面的渗碳技术。应发明于战国时期，汉后有了进一步发展。满城汉墓出土的刘胜佩剑和错金书刀[21]、广州西汉南越王墓出土的铁剑[95]、河南密县古桧城出土的铁凿等[14]，都进行过表面渗碳。刘胜佩剑和错金书刀内层含碳量低处为0.05%，最高处为0.15%～0.4%，表层含碳量却均在0.6%以上[21]，这显然是表面渗碳造成的。渗碳后，刃口及表面硬度提高，就改善了它的使用性能。

九、表面处理技术

秦汉时期，我国多项金属表面处理技术都有了较大发展，其中尤其值得注意的是镀锡、镀金银和金银错工艺。

（一）镀锡。主要用在青铜器上。由于秦汉时期一般青铜器使用范围缩小，镀锡便主要保存到了铜镜工艺中。铜镜镀锡的目的：(1) 掩盖各种铸造缺陷和磨光过程中留下的一些道痕；(2) 提高其表面光洁度，以便于映照。铜镜表面镀锡技术发明于先秦时期，有关记载却是汉代才看到的。《淮南子·脩务训》:“明镜之始下型，曚然未见形容，及其粉以玄锡，摩以白旃，鬓眉微毫可得而察。”此“玄锡”当即锡汞齐[104]。此工艺在我国一直沿用到了明清。

（二）镀金银。秦汉时期，镀金银技术使用得极为普遍，目前在河北、河南、



陕西、甘肃、江苏、广西、云南等地都出土过一些保存较好的镀金银器。河北定县中山王穆王刘畅墓出土大小镀金器物500多件，仅耳环便超过90件[105]。满城汉墓出土的镀金器不但数量较多，而且体形往往较大，其1号墓出土的蟠龙纹壶，通高59.5厘米、腹径37.0厘米，重16.25千克，通体镀金镀银。2号墓出土的“长信”宫灯，通高48厘米，通体镀金。这些镀金器物皆光彩夺目，气势非凡，令世人瞩目。先秦镀金器多为小件，汉时除一般容器、一些车马器、兵器外，建筑构件也镀起金银来。前引《汉书》卷九七云：“昭阳舍，其中庭彤朱，而殿上髹漆，切皆铜，沓冒黄金涂。”（《西京杂记》卷一略同）颜师古注：“涂，以金涂铜上也。”此“涂”即后世之谓“镀”。“黄金涂”即黄金镀，镀黄金。《晋阳春秋》曾云武帝改营太庙铸铜柱十二，涂以黄金。这是说建筑构件镀金。这也是我国古代关于镀金的较早记载。

（三）金银错。此技术在秦汉时期有了较大发展，有关器物在考古发掘中所见较多，前云建初“五十湅”剑、永初“卅湅大刀”、传世永元金马书刀，以及成都出土的光和金凤书刀等都曾错金。光和书刀为1957年成都天迴山崖墓出土，长18.5厘米、宽1.5厘米，环柄直身，环部镀金，刀身一侧用金丝嵌出铭文，一侧为精美的翔凤图案。铭文隶书24字：“光和七年（184年）广汉工官□□□服者尊长保子孙宜侯王□宜□。”字体精美俊秀[106]。汉代还制作过一批形制较大的金银错制品，满城1号汉墓出土鸟篆文铜壶2件，一件通高40厘米、腹径28厘米；另一通高44.2厘米、腹径28.5厘米；两壶风格基本相同，周身用纤细的金银丝错出鸟篆文吉祥语和动物图案。1号墓出土的错金博山炉，通高26厘米、腹径15.5厘米，通体错金，饰纹自然流畅（彩版贰，2）。此时有关记载亦较多。《汉书》卷二四下云：“错刀，以黄金错其文。”张衡《四愁》诗云：“美人送我金错刀，何以报之以琼瑶。”前一“错刀”系指货币言，后一“错刀”当指金马书刀一类器物。前引谭桓《新论》说王莽起九庙，以铜为柱，其上错镂金银，可见此工艺已使用到了大型建筑物上。

关于金银错的具体操作，第二章已经谈到。由部分考古实物和文献记载看，笔者认为相当大一部分应当是采用类于镀金银的方式，将汞齐填入嵌槽而成的。今再举一条文献为证。《后汉书》卷一七“祭祀志”云：“检用金镂五周，以水银和金以为泥。”十分明显，全文意思是：检之金镂，是使用涂填金汞齐的方式来实现的。

第三节　制陶技术的发展和瓷器的出现

秦汉是我国古代陶瓷技术发展的一个重要阶段，此时人们不但生产了大量的生活用陶和生产用陶，而且生产了许多大型陶塑制品。在生活用陶中，出土量最多的是泥质灰陶器皿，冶铸用陶除继续生产陶范和铜冶铸的坩埚外，还生产了一些钢铁的冶铸坩埚。因钢和生铁熔点皆较青铜为高，说明坩埚制造术又有了新的发展。建筑用陶在秦汉陶业中占有十分重要的地位，无论产量还是品种，都较战国时有了提高。秦汉陶塑艺术具有承前启后、继往开来的作用，秦始皇陵兵马俑



是最好的体现。商周时代盛极一时的印纹硬陶此时已经衰落，南方原始瓷在战国中、晚期一度中断后，秦汉之际又烧出了从胎料、釉色、装饰都有别于前的新型原始瓷器；西汉时期，浙江、江西等地原始瓷已达相当高的水平。秦汉时期，我国陶瓷技术最为重要的成就是：（1）西汉发明了低温釉陶，为后世各种低温釉的使用奠定了坚实的基础；（2）东汉之后，浙江[1]、江西[2][3][4]、湖南[5]、四川[6]等地，都烧出了成熟瓷器，它的各项技术指标都已达较高水平。

秦汉陶瓷生产大体上经历了三个阶段[7]：一是秦至汉初，各地陶瓷制品仍地方性较强，官府控制的制陶作坊侧重于砖瓦等建筑材料烧造，私营作坊则生产了大量生活用陶。二是武帝至新莽，地方性色彩明显减弱，统一性增强，仿铜的陶礼器，如鼎、盘、匜等虽然仍有生产，但类于仓、灶、井等实用器物的模型（明器）急剧增长。这是思想观念上的一个重要变化。三是东汉之后，陶质礼器进一步减少及至绝迹，而反映庄园经济的成套陶质模型（明器）大量烧制出来。

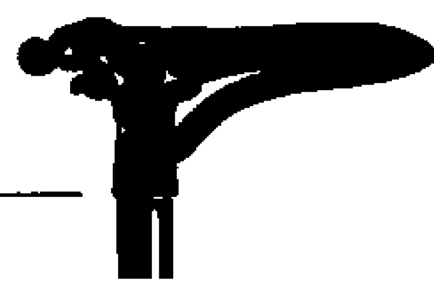
下面主要介绍一下釉陶、陶塑、原始瓷、青瓷、黑釉瓷，以及有关成型、烧造工艺的一些问题。陶塑大体属于灰陶范围。

一、铅釉陶的发明

铅釉陶是汉代制陶术的一项杰出成就，其约始创于关中地区，今日所见最早的器物属武帝时期，宣帝之后有了较大发展，并扩展到了潼关以东地区。西汉末年至东汉，推广到了我国南北广大地区。其制作工艺要求较严，生活用具造型多用轮制，建筑模型用模印、雕塑，动物形象模制，装饰部分用模印或雕刻[8]。器物种类主要有鼎、盒、壶、仓、灶、井、家畜圈舍，以及水碓、陶磨、作坊、楼阁、池塘、碉楼等，所见釉陶多为明器，多为器物模型，实用器较少。甘肃武威临台出土一件绿釉陶的五层楼院模型，高 1.05 米，通体披挂翠绿色厚釉。整体长方形，四周设有围墙，墙角设有望楼，其间以飞桥相连，桥身两侧置有障墙，形象逼真，断代东汉末年[9]。

铅釉是一种以铅化合物为主要熔剂和基本组分，以铜为着色剂的低温釉。因其常呈翠绿色，故又谓之“绿釉”或“铅绿釉”。外观上的主要特点是：釉面光泽较好、平整光洁、清澈透明，有如玻璃，显得格外晶莹可爱。这主要是铅釉折射指数较高、高温粘度较小、流动性较好、熔融温度区间较宽、熔蚀性较强之故。在烧成过程中，胎中逸出的，以及釉层产生的气泡，多能逸出釉面之外；它没有石灰釉和石灰－碱釉那种混浑感，以及“橘皮”、“针孔”一类缺陷。后两种釉的高温粘度较大，气泡不易逸尽；并在气体逸出之处，其他地方的釉料难以将此空穴填满、填平，冷凝后便作为一种缺陷保存了下来。另外，在显微镜下，石灰釉和石灰－碱釉中常可见一些未熔融的石英晶体或粘土类矿物，这主要是此类釉质熔蚀性能较弱之故[10][11]。

张福康等曾对陕西诸地烧造的汉铅釉陶进行过较为全面的考察[10]，其中一件东汉绿釉陶胎的断面较粗，气孔较多且较大，肉眼观察时，釉层色调不甚均匀，草绿色基底上布有流纹状深绿色条纹，釉面光泽较好，见有五彩光晕，以及细纹片，釉层清澈透明。在显微镜下，基本上没有气泡和残余石英晶体。其分析过的 2 件汉代铅釉陶胎平均成分为：SiO_2 63.45%、Al_2O_3 15.15%、Fe_2O_3 5.57%、TiO_2 0.88%、



CaO 3.79%、MgO 2.78%、K_2O 2.95%、Na_2O 1.67%、MnO 0.065%。2件铅釉平均成分为：SiO_2 32.6%、Al_2O_3 4.05%、Fe_2O_3 2.17%、PbO 53.6%、CuO 0.63%。可见此陶胎大体属易熔粘土；此绿釉含 Al_2O_3 量较低，大体上是由偏硅酸铅（$PbO \cdot SiO_2$）和正硅酸铅（$2PbO \cdot SiO_2$）组成的玻璃。我国古代绿釉都是以铜着色的[10][11]。石灰釉主要是以 CaO 为熔剂，以铁为着色剂的高温釉。

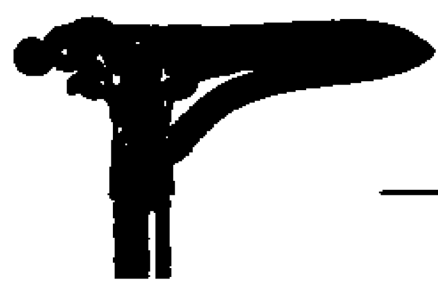
从现代技术观点来看，铅釉的配料较为简单，以铅的化合物，如铅粉 $Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$、含硅物质（如石英粉），以及铜、铁等着色剂（如铜花、赭石、矾红料等），加水磨细、调和，用浇釉法或涂釉法施于白釉胎，或已烧制过的素胎（无釉）上，在700℃～900℃的氧化性气氛中烧成[10][11]。

铅釉的缺点：（1）硬度较低。与砂石、铁器、瓷器等物体相摩时，往往较易划破。（2）化学稳定性较差，在大气中极易被腐蚀。标本表面上的五彩光晕，大概就是在大气中受到了轻微腐蚀而生成一层薄膜，使入射光线产生了光程差所致的。这些情况很可能与其烧成温度较低有关。大约到了公元4世纪，铅釉才用到了建筑业中，如作琉璃瓦等。

在汉代釉陶中，习见有釉层全部或局部呈银白色者，俗谓之“银釉”。对于它的成因，国内外学术界都曾产生过不同看法。有人认为它类似于云母，因硅酸盐玻璃发生了变化，使之具有了与云母相似的物理性质。张福康等人认为，它实际上是一种沉积在釉层表面、具有层片状结构的透明、半透明物，可用小刀轻轻将之刮下，之后绿色铅釉便可随之显示出来。银白色光泽乃是“半透明物”造成的。在显微镜下，银釉呈层片状结构，与云母片颇为相似，其层数多寡不一，层厚约2微米，非晶态。张福康等分析过一件宋代银釉器，其银釉层总厚度约40微米，计20多个层片，银釉下的绿釉总厚度约80微米[12][13]。从考古发掘情况看，银釉器多出自潮湿墓葬，干燥墓葬所出甚鲜，依此人们推测，它很可能与绿釉表面所受地下水或大气的轻微溶蚀有关。当水和空气与绿釉表面、裂纹表面直接接触时，因溶蚀和沉积作用，接触处就生成了一薄层沉积物。因这沉积物与釉面的接触并非十分紧密，水分和气体仍能渗入到它们之间，并且继续对釉面进行溶蚀，便又产生了新的沉积层。如是者反复进行，沉积层数不断增多；当沉积层达一定厚度后，因光的干涉作用，以及沉积层本身轻微的浮浊性，最终就表现出了银白色光泽来[12][13]。由科学分析看，汉代绿釉、宋代绿釉和汉代“银釉”三者的成分大体一致，皆系 SiO_2-PbO 二元系，皆以铜为着色剂，CuO 量为1.26%～2.80%，其实都是一种铅釉[10]。

学术界对铅釉发祥地曾有过不同看法。有说其系国外传入，理由是碱金属的硅酸釉早在古埃及时代便已发明，但长时期没有传到其他地方，后来混入了铅，变成了容易使用的釉，便逐渐扩展到了美索不达米亚、波斯和西域等地，汉时就经由西域传到了中原[14]。也有学者认为它是我国独自创造，并依据商周时代对铅、铅粉的使用情况，认为我国在汉代发明出铅釉，不但可能，而且有着深刻的历史根源[11]。后说当有一定道理，联系到战国、西汉时代的铅玻璃、铅钡玻璃生产，也就更为清楚一些。

汉铅绿釉是我国最早的低温釉，是我国古代陶瓷史上的一朵绚丽之花。它颜



色翠绿、光彩照人，在我国陶瓷艺术中占有重要的地位。后世低温釉的许多新品种，如唐三彩、宋绿釉、辽三彩，都是在此基础上发展、演变出来的。它们的着色元素虽有不同，但大体都以 $PbO - SiO_2$ 二元系为基础配制而成。

古代陶瓷釉可区分为高温釉和低温釉两大类。早期高温釉主要指石灰釉，先秦时期的原始瓷和釉陶都施高温釉。早期低温釉主要指铅釉，其约始见于秦汉时期。浙江先秦有一种泥釉黑陶，此泥釉实相当于一种易熔粘土，既非高温型的石灰釉，亦非低温型的铅釉。高温釉陶在秦汉时期仍在使用，如浙江汉代有一种釉陶，佳者胎质细密坚致，色灰白，似为瓷土所制，但一般产品的质量不及原始瓷，与中原地区常见的低温铅釉陶断然有别。在西汉墓中，这种釉陶约占随葬品的半数以上，浙东尤多[15]。各种釉陶的基本特征都是表面施釉，胎质为陶。不管高温釉还是低温釉，都一直沿用到了明清。

二、陶塑技术的发展

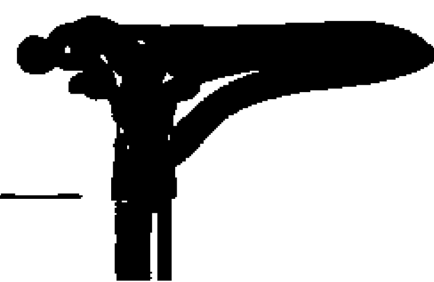
陶塑约发明于新石器时代，秦汉便达相当繁盛的阶段，目前在临潼始皇兵马俑坑[16][17]、西安任家坡汉陵从葬坑[18]、咸阳杨家湾西汉墓[19]、徐州北洞山西汉墓[20]、徐州狮子山西汉兵马俑坑[21]、济南北郊无影山西汉墓地[22]等，都出土了许多艺术价值、学术价值都较高的陶塑制品，其中最令世人惊叹不已的是始皇陵兵马俑。

1974 年以来先后发掘了 3 个始皇兵马俑坑。1 号坑东西长约 60 米、深 4.5 ~ 6.5 米，平面总面积约 12 600 平方米[16]。已发现的大型武士俑约 580 尊，身高 1.75 ~ 1.86 米；掛拖战车的陶马 24 尊，大小和真马颇为相似[23]。整个兵马俑坑的兵马俑估计约 6 000 余尊。这些陶俑身着交领右衽短褐，束发紧带，腿扎行藤，足登方口齐头履，手执弩机弓箭，背负盛置铜矢的箭箙；手执长矛，腰佩弯刀铜剑，形态各异；威武雄壮，意气昂扬[24]。技法明快洗练，雄健朴实，比例得当，结构严谨；精巧细腻，彩绘调和绚丽，是举世罕见的古代艺术珍品。

陶俑陶马制作的基本工序，大致是先按陶俑、陶马身体的不同部位，分别用陶模翻出粗胎，之后套合、接缝；再用细泥涂附粗胎表面，再塑五官、须发、铠甲、衣纹等细部，估计单件烧造，之后再施彩绘[25]。

经分析，秦俑的原料系就地取材的易熔粘土，其俑、马的化学成分为：SiO_2 62.8% ~ 66.36%、Al_2O_3 15.98% ~ 17.74%、Fe_2O_3 4.22% ~ 6.88%、TiO_2 0.42% ~ 0.87%、CaO 0.45% ~ 2.96%、MgO 2.09% ~ 4.16%、K_2O 2.98% ~ 3.87%、Na_2O 1.24% ~ 2.0%，灼失 0.18% ~ 4.37%。可知这俑、马与新石器时代黄河流域易熔粘土型陶器成分亦基本一致[26][27]。

陶俑制作的具体操作方式是先作雏胎，再作细部雕饰。初胎采用由下而上逐步叠塑的方式成型。陶俑的双足都立于方形的足踏板上。足踏板与俑身可分别制作，也可一起制作，头和手则是单独制作的。足踏板系模制成型。陶俑的足履皆为手制，可用堆泥法塑出雏形。脚有实心和空心两种：空心处可用泥片卷筑法，也可用泥条盘筑法；实心脚可用泥片卷搓成棒状。躯干中空，塑法有两种：一种是由下而上地采用泥条盘筑法；另一种亦用泥条盘筑法，但其在腰部分成了上下两段，用榫卯式粘接套合。作躯干前，须先在双脚上复泥做成躯干的底盘，之后



再在底盘上塑躯干。手臂皆为中空，制法有泥条盘筑法和泥片卷筑法两种。手臂有直形和曲形两种，若曲折弧度较大，则可分两节成型后再粘合在一起。双臂与体躯的接合法有两种，一种是在接合处做出糙面，之后糊泥粘合；另一种亦在接合处做出糙面，但在体部和臂部皆预留一孔，孔内糊泥，接触面亦糊泥，以为固结。孔内糊泥后便可起至榫头的作用。俑头皆模制法成型，可单模制作，也可合模制作。俑手皆单独制成，其法有：合模法、分段合模法、捏塑法，以及合模法与捏塑法相结合等种[27]。

秦俑质地坚硬，色作灰黄，有可能使用过还原性气氛，烧成温度约940℃，吸水率8.87%；陶马烧成温度约805℃、吸水率5.62%[26]。

俑、马的彩绘是烧成后施加的。做法：先在表面通体涂胶一层，之后绘彩。彩料有朱砂、石黄、赭石、石青、石绿、烟黑、铅粉等，加胶水调匀后使用。其颜色有大红、朱红、紫红、粉红、粉紫、土黄、橘黄、深绿、粉绿、灰、黑、白等。有的颜色脱落后还曾二次上色[26]。

除秦俑坑外，成都羊子山出土过高达1.5米的大型驾车陶俑，也反映了较高的技术成就。1984年徐州狮子山所出西汉兵马俑达2300余尊。兵俑高42～48厘米，亦是模制后烧成，亦有彩绘。兵俑每排多以5人或10人为单位，对我们了解汉代军事编制和战术原则等，都具有重要的意义。

我国古代制陶技术发明于新石器时代早期，今见年代最早的陶器出土于桂林庙岩；新石器时代晚期后段，或说龙山文化时期，制陶技术便发展到了相当成熟的阶段。商代中期之后，由于原始瓷的使用和青铜铸造技术的发展，我国古代制陶技术经受了第一次冲击。秦汉时期，由于制瓷技术的发明和髹漆技术的发展，制陶技术又经受了第二次冲击，陶器使用量被压缩到了更为狭小的地带。各色陶俑的出现和使用，实际上是制陶技术为自身生存而开拓的另一个空间。制陶术虽一直沿用至今，唐代还发明了三彩器，但从总体上看，秦汉之后便进入了衰落的阶段。

三、秦汉原始瓷之复出

战国末年[28]或秦汉之际，今浙江等地又烧出了一种新型的原始瓷，与越亡（355年）前的相比较，主要特点是：

1. 瓷胎质量往往不太稳定。有的烧成温度较高，胎骨致密；有的烧成温度稍低，便胎质疏松，气孔较多，吸水率较高。有的泥料在粉碎、淘洗、揉练上亦不及战国时期精细。

2. 釉层往往较厚，釉色多时较深，多为青绿、黄绿。施釉法由战国通体施釉改成了口、肩、内底等局部施釉；由浸釉演进到了刷釉。

3. 在成型工艺上，一改战国时期拉坯成器和线割器底的成型技法，普遍采用底身分制，然后粘结成型的方式。

4. 在品种和花纹上以仿铜礼器鼎、盒、壶、钫、钟和瓿为主；战国时期盛行一时的碗、钵、盘、盅等一类饮食器减少。饰纹趋于简朴，以水波纹、弦纹、云气纹等为主，战国时期常见的“S”、栉齿纹等甚为鲜见[4][29]。

这些情况说明，秦汉原始瓷并非直接从战国南方原始瓷演变、发展而来，而

应当是既有先秦因素，也有汉代因素，它是两个历史时期的产物。

李家治分析过镇江和上海出土的汉原始瓷器各 1 件，与战国原始瓷相比较：

1. 两件汉原始瓷的 Al_2O_3 含量稍高，其值分别为 18.24% 和 17.23% 。

2. 两件汉代标本所含 Fe_2O_3 亦稍高，其值分别为 1.71% 和 2.97% 。

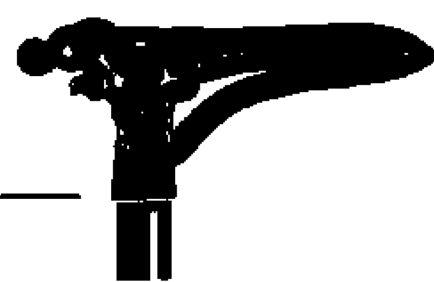
李家治分析过 5 件浙江肖山茅湾里、绍兴富盛、上虞，江苏宜兴獾墩的东周原始青瓷，其 Al_2O_3 含量为 13.74% ~16.41% ，Fe_2O_3 含量为 1.69% ~2.342%[30]。含铝量提高的优点是：瓷器有可能在较高的温度下烧成，生成较多的莫来石晶体，从而提高产品机械强度，减少烧成过程中的变形。但若烧成温度不足，便会适得其反，使烧结情况变坏，出现坯体疏松等现象。秦汉原始瓷虽有一部分烧结温度稍高，但多不如战国的坚密。含铁较高主要是影响胎质颜色，在氧化性气氛中烧成时，胎易变为红色；在还原性气氛中烧成时，胎易变为青灰色；含铁量越高，胎骨颜色越深。

秦汉原始瓷釉依然是含 CaO 量较高的铁系高温釉，主要熔剂是 CaO，主要着色剂是铁，此釉高温粘度较小，流动性较好，透明度稍高，但易产生“泪痕”和聚釉现象。此期气氛控制往往欠佳，故釉色颇不一致，有的青中泛黄，有的呈黄褐色。

随着社会经济、技术之发展，汉代原始瓷在形制、装饰和制作工艺上都经历了一系列变化。秦汉之际，由蘸釉改成了刷釉，东汉中期后复取蘸釉法，且器物皆大半部分施釉，唯近底处无釉[4][29]。西汉中期，一些仿青铜礼器的品种在造型和工艺上都大不如前；西汉晚期，鼎、盒一类制品消失，壶、洗、盆、勺等日用品急剧增多，产品重于实用。西汉前期，饰纹多较简单；西汉中期之后，由十分简单的划弦纹改成了粘贴扁细泥条的凸弦纹。这种既实用，又有装饰价值的原始瓷器，在浙江和苏南一带广为流行，在江西、湖南、湖北、陕西、河南、安徽等地也有发现，它很可能是作为一种新颖商品而被远销外地的。1984 年，江西宜春发现一座西汉木椁墓，出土陶瓷器 50 件，多为釉陶；原始青瓷有鼎、敦、钟等，胎骨灰白，外施白色细腻的化妆土，再施浅黄或青绿的色釉，釉质莹润，是难得的西汉原始瓷精品[31]。1983 年，南昌西汉土坑墓出土一批原始青瓷，胎骨灰白坚致，釉色青绿光润，说明南方西汉原始瓷已达一定水平；缺点是釉层附着力稍差[32]。

东汉中晚期还出现了一种称为“酱色釉陶”的产品，大体上亦可归于原始瓷范围。其胎含铁较高，常呈暗红、紫色或紫褐色；因其可在较低温度下烧成，故多数器胎仍较坚硬致密。多皆通体施釉，釉层丰厚而富有光泽，质坚而耐用。它的出现，为黑釉的发展打下了良好的基础。

汉代原始瓷窑在浙江等许多地方都有发现，其中又以上虞为最，不但窑场多，而且时间连续，展现了陶瓷技术发展的一系列变化。东汉早中期时，陶器烧造依然较多，并兼烧部分原始瓷；随着时间的推移，原始青瓷品种增多，质量提高，并逐渐取得了陶、瓷合烧中的主导地位，最后便完成了由原始瓷向青瓷、青瓷窑的转变。在此有一点需顺带指出的是，原始瓷所用原料的物理形态和具体加工方式，目前还是不太清楚的，有待进一步研究。



四、瓷器的出现

学术界对我国瓷器发明期曾有过多种不同观点，昔日最流行的是“魏晋说”[33][34]，其把魏晋青釉器称为“早期瓷器”或“早期青瓷”，把商周至汉代的青釉器称之为“釉陶”；今日较为流行的观点是，把东汉或东汉晚期视为我国瓷器的发明期，把商周至西汉的一般青釉器皆称为原始瓷[35][36]；本书也采用了后一种说法。往昔产生分歧的主要原因是：（1）学术界对“什么是瓷”尚无一致认识；（2）相当长一个时期内，有关考古实物的出土量和科学分析量都做得不够充分。自20世纪70年代以来，实物出土量、科学分析量和人们的认识都发生了较大变化。对于瓷的标准，今一般看法是：（1）胎料须是含 SiO_2 或 Al_2O_3 较高的瓷土、瓷石、高岭土；釉须是高温型。（2）烧成温度需在1200℃以上。（3）不吸水或吸水率很低（$<1\%$）。（4）胎质坚强，叩之能发出清脆悦耳之声；胎质洁白。这四点既是瓷器的标准，亦是它区别于陶器之处，陶器是没有这些特点的。

从考古发掘看，我国最早的制瓷中心应是今浙江一带，在上虞、慈溪、绍兴、余姚、永嘉[37][38]、宁波[1]等地都发现过东汉制瓷窑址；此外，江西丰城、临川、分宜等地亦发现过东汉晚期窑址[3]；河南洛阳烧沟[39]、河北安平逯家庄[40]、安徽亳县[41]、湖南益阳和长沙[42]、湖北当阳[43]等东汉晚期墓葬，以及江苏高邮邵家沟汉代遗址[44]都发现过汉代瓷器，其中又以浙江、江西两省为最。尤其值得注意的是不少瓷器都出于纪年墓葬，有的瓷器上还有年款，这便为瓷器断代提供了更为有力的依据。大家较为熟悉的有永和元年墓所出开片青瓷罐[42]，“熹平四年”（175年）墓所出青瓷耳杯、五联罐[45]，“建安”纪年墓出土的青瓷坛等[6]。1988年，湖南省湘阴发掘了青竹寺和白梅两个窑址，发现不少东汉青瓷器，青竹寺出土有青瓷坛、双口坛、罐、盂、钵、盆、釜、壶、瓶等，同时还出土了东汉顺帝“汉安二年”（143年）铭瓷片[5]，这是我国今见带有纪年款的最早瓷片和最早窑址，说明湘阴地区烧瓷技术也是发展较早的。20世纪90年代或稍前，浙江上虞出土1件东汉“熹平年”款青瓷盘口壶，在肩部釉下刻有“熹平年”3字款[46]。

（一）关于青瓷的发明

青瓷是我国古代瓷器中最为主要的品种，其因坯体上施有含铁釉料，在还原性气氛中烧成，釉面呈青色而名。1978年以来，国内学者李家治[47][48][49]、张福康[50]、郭演仪[51]、李国桢[52]、凌志达[53]等，分析过6件浙江上虞东汉青瓷胎、3件上虞东汉青釉片（表3-3-1），为我们了解东汉青瓷技术发明和发展的情况提供了科学依据。

此6件青瓷胎[47][48][51][52]的平均成分为：SiO_2 76.68%、Al_2O_3 16.55%、Fe_2O_3 1.78%、TiO_2 0.92%、CaO 0.27%、MgO 0.53%、K_2O 2.69%、Na_2O 0.52%、MnO 0.02%、FeO 0.32%。可知：（1）其含硅量较高，皆介于75.4%～78.47%之间。（2）助熔剂 R_xO_y 总量较低。其（CaO + MgO）总量小于1%，Fe_2O_3 和 TiO_2 量亦不高。有3件标本的 Fe_2O_3 皆低于1.64%，较1件明代龙泉青瓷片（Fe_2O_3 1.71%）还低[47]。汉晋青瓷胎常呈灰白色，而非正白，主要是含有一定量的 TiO_2 所致，其着色能力较强，尤与 Fe_2O_3 在一起时。

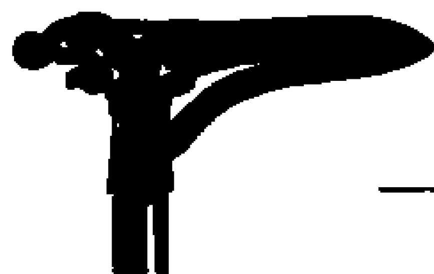


表 3-3-1　　秦汉原始瓷真瓷胎釉化学成分

样号	名称	成分(%)											文献
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	FeO	
H2(12)	镇江汉原始瓷	73.79	18.24	1.71	0.98	0.14	0.64	2.93	0.17				[47]
H3	上海西汉原始瓷	74.07	17.23	2.97	1.06	0.33	0.63	1.69	0.51	0.01	0.21		[47]
H4	上虞小仙坛东汉青瓷	76.07	15.94	2.42	1.06	0.24	0.57	2.59	0.55	0.02	0.08		[47]
H5	上虞小仙坛东汉青釉印纹罍瓷片	75.85	17.47	1.64	0.97	0.2	0.52	2.66	0.54	0.03	微		[48]
SY8-5	上虞东汉晚期青釉盆腹残片	75.4	17.73	1.75	0.86	0.31	0.57	3.0	0.49	0.03		0.66	[51]
SY8-7	上虞东汉晚期青釉罐口残片	77.42	16.28	1.56	0.82	0.38	0.53	2.67	0.58	0.04		1.26	[51]
LG1	上虞小仙坛东汉青釉印纹罍	76.87	16.64	1.66	0.89	0.26	0.55	2.69	0.47				[52]
LG2	上虞小仙坛东汉青釉四耳罐残片	78.47	15.26	1.64	0.91	0.23	0.46	2.5	0.48				[52]
L1	上虞东汉印纹黑釉瓷片	76.0	15.71	2.35	0.83	0.36	0.52	3.14	0.92				[53]
L2	上虞东汉黑釉瓷	75.51	15.76	2.62	1.11	0.37	0.66	3.23	1.05				[53]
L3	上虞东汉黑釉瓷	75.81	16.25	2.61	0.81	0.38	0.69	3.17	1.02				[53]
LG1	上虞小仙坛东汉印纹罍青釉	62.57	12.57	2.72	0.83	15.01	2.63	1.87	0.44	0.51	0.87		[52]
H5	上虞小仙坛东汉印纹罍青釉	59.66	13.7	1.84		18.2	1.55	1.85	0.49	0.45			[49]
SY8-5	上虞东汉晚期瓷盆腹残片青釉	57.87	13.73	1.6	0.59	19.74	2.39	2.05	0.69	0.89	0.89	0.12	[49]
L2	上虞东汉黑釉	56.45	14.15	2.15	1.22	16.58	2.20	3.67	0.91	0.26		2.49	[53]
L3	上虞东汉黑釉	56.13	13.81	1.87	0.97	16.42	2.02	3.79	1.09	0.30		3.08	[53]

注：(1) 标本编号多为原分析者所作，但为区别起见，今在其前面加了汉语拼音字母。

(2) 除表中所列，釉片 L2、L3 还分别含有下列成分：Cr_2O_3 皆为 0.02%、CuO 皆为 0.01%、CoO 为 0.02%、0.03%。

(3) 除表中所列，标本 H2 (12) 尚有 1.03%、H3 尚有 1.6% 的烧损，H5 尚有微量烧损。

此 3 件青釉片[49][52]平均成分为：SiO_2 60.03%、Al_2O_3 13.33%、Fe_2O_3 2.05%、TiO_2 0.47%、CaO 17.65%、MgO 2.19%、K_2O 1.92%、Na_2O 0.54%、MnO 0.62%、P_2O_5 0.59%、FeO 0.04%。可见：(1) 所含 CaO 稍高，波动于 15.01% ~ 19.74% 之间。碱土金属氧化物总量 RO，即 (CaO + MgO) 平均 19.84%，波动于 17.64% ~22.13% 之间。(2) 所含碱金属氧化物 R_2O 总量，即 (K_2O + Na_2O) 量都不高，介于 2.31% ~ 2.74% 之间。依张福康等学者的说法，石灰釉的成分是：(CaO + MgO) 为 14% ~22%，(K_2O + Na_2O) 为 1% ~4%；此釉片适处于这一成分范围，故属石灰釉。有关石灰釉、石灰－碱釉等的区别方法，第六章再作介绍。

与商周原始瓷相较，东汉青瓷成分的基本特征是：SiO_2 和 Al_2O_3 的平均含量都稍有增加，且更趋稳定，助熔剂 (CaO + MgO) 量、Fe_2O_3 量都稍有降低。胎中 SiO_2 和 Al_2O_3 提高，显然是使用了瓷土，可能还有瓷石的缘故。瓷石是一种以石英和绢云母作为主要矿物成分的岩石，风化程度较浅时，常含少量长石，因部分长石尚未云母化；风化程度较深时，常生成若干高岭石族矿物。所以，风化程度深的瓷石常用来制胎，风化程度浅者常用来制釉[51]。目前学术界对原始瓷是否直接使用了瓷石为原料尚有疑虑，主要是其粉碎加工较为困难。汉代有了水碓，瓷石粉碎等加工就变得容易起来，说汉及其之后使用了瓷石当无大的疑问。但有一点可以肯定的是：从一万年前的江西万年仙人洞，到 20 世纪后期的福建等地，高硅粘土、高硅瓷土，一直是人们制陶、制瓷的重要原料。福建高硅瓷土质地较白，



基本上是一种与石英、瓷石、长石共生的一种原生矿，SiO_2 含量一般大于 73%，Al_2O_3 含量则低于 18%。人们通常通过碓捣、淘洗等方式，来改善胎料的塑性，并适当提高 Al_2O_3 量和降低 Fe_2O_3 量。这种原料的出浆率大约只有 30% ~60%，而且塑性不高[54]。

经检测，上虞小仙坛东汉青釉印纹罍瓷片 H5 的烧结温度已达 1310 ± 20℃[47][48]，烧结情况较好。显气孔率仅为 0.62%，甚至较元、明时期一些厚胎制品还低；吸水率仅为 0.28%，抗弯强度达 710 千克/厘米^2，超过了清康熙年间 1 件厚胎五彩花觚（700 千克/厘米^2）的抗弯强度[55]。釉呈青色，透光性较好，0.8 毫米的薄片已可透微光。胎釉结合较好，无脱落现象；无纹片；击之铿锵有声。除 TiO_2 含量稍高而使胎呈灰色外，其余性能已达现代瓷的标准[48]。1 件标本的胎质亦呈灰色，且较致密；釉呈青色，有少量细碎纹，厚 0.1 ~0.2 毫米[51]。

这种瓷石制的胎，一般都含有大量石英、少量云母残留物及玻璃相。在显微镜下，东汉青釉印纹瓷片 H5 胎内残留石英颗粒较细，且分布较为均匀，石英周围有明显熔蚀，棱角已经圆钝，长石残骸中发育较好的莫来石到处可见；玻璃态物质较多。可知此瓷胎的显微结构与近代瓷基本相似，唯坯料处理欠精，在低倍显微镜下还可看到层状的长形小气孔。釉层中无残留石英，其他结晶亦不多见，釉泡大而少，故釉层比较透明。在胎、釉交界处可见多量的斜长石晶体自胎向釉层生长，并形成一个反应层，使胎釉紧密结合。无论外观还是显微结构，其釉质都摆脱了商周原始瓷的原始性[48]。李国桢等分析的 1 件上虞小仙坛东汉印纹罍腹残片中含有较多的莫来石和较多的 α - 石英，不见方石英。在一般陶瓷坯体中，莫来石形成于 1 130℃，在 1 200℃后逐渐发育完成。而石英转变为方石英需在 1 200℃以上长时间保温，看来此器的烧成温度应在 1 130 ~1 200℃之间[52]。

从原始瓷到成熟瓷（或叫真瓷），经过了漫长的发展过程，其间既有缓慢发展，又有质的飞跃。东汉时期，上虞等地一些窑口仍是瓷器与印纹硬陶共烧，釉色往往不是十分纯正。宁波东汉郭塘岙窑虽皆烧瓷，釉色以青为主，但皆泛黄，且有少部分酱褐色（或叫黑色）釉[1]，显示了早期青瓷的一些特征。另外，东汉青瓷刚从原始瓷中脱胎出来，在造型技术和装饰风格上，与原始瓷以至印纹硬陶都有许多相似处；用泥条盘筑法成型的瓿等器物，外壁拍印麻布纹、窗棂纹、网纹等，与印纹硬陶图案基本相似。一般青瓷的装饰花纹仍为弦纹、水波纹、贴印铺首等，与原始瓷并无大的差异。

在此需要说明的一点是：我们把瓷器发明期说成东汉，这是依据现有科学分析资料从总体上说的，并不排除在此之前，部分地方生产过少量瓷器的可能性。有关报道认为，早在西汉时期，南方一些地方就出土过质量较好，超过了原始瓷的青瓷制品。1997 年，甚至鲁西南的微山县西汉中晚期墓也出土过 5 件青瓷器，皆日用器，胎质坚硬，不吸水，釉色鲜明，光洁如新，唯胎色较暗。但有人认为西汉时山东不烧青瓷，当是外地运来[56]，只可惜这些西汉时期以硅酸盐为主的人工烧制物尚未进行过科学分析，故难做最后的定论。

瓷器的发明，是我国古代劳动人民一项杰出创造，因瓷比陶坚固耐用，且洁净美观，又较铜器、漆器造价低廉，原料分布较广，所以它一经发明，便迅速地

传播开来，成为十分普遍的日常生活用品。一般认为，汉代瓷器主要产于南方，北方则大体上仍处于原始瓷的阶段，是否生产过真瓷，尚待考古实物的证实。在今北方出土的汉代瓷器，可能都是南方运来的。

（二）关于汉代对“瓷”的称谓

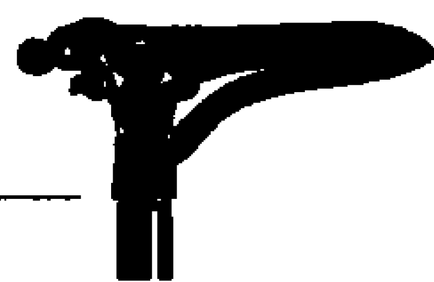
在汉代文献中，关于“瓷”的资料很少，《说文解字》中不见“瓷”字，唯考古资料中透露出过一些信息。长沙马王堆汉墓发掘时，出土过一大批木简和系在器物上的竹牌，其中有25根曾用墨笔写有隶书“資”字；在一个印纹硬陶罐上有两块木牌，一块书“盐一資”，另一块书“口資”。这说明“資”便是指印纹硬陶罐[57]。此印纹硬陶的胎质与普通泥质灰陶不同，似属高岭土之类，内含少量细沙，火候较高，质地硬脆，其中的小口罐和带耳罐皆为轮制，瓿似为泥条盘筑法制成。器物肩部均拍席纹，腹部均拍方格纹，之后施釉；釉呈褐色，少数为黄绿色，上部釉层较厚，下部较薄[58]。显然，西汉初年，长沙人是把这类印纹硬陶称为“資”的。此“資”当是借用字，其并无作为一种瓦器、窑器的“瓷”的含意。《说文解字》云:“資，货也。”段注云:“資者，积也，旱则資舟，水则資车，夏则資皮，冬则資絺绤，皆居积之谓。”早在1972年，唐兰便提出了“資”字便是“瓷”字的观点[59]；看来，后世的“瓷”字很可能是由“資”字演变、发展而来的①，其音并无大的变化。在今见文献中，较早提到“瓷”字的地方有二：一是前引张道陵《太清经天师口诀》，说“将一瓷器密合其上”。但这是否反映了汉代用字的真实情况，今已难得分辨。二是西晋潘岳（247～300年）《笙赋》[60]，这一点下章还要谈到。

（三）黑釉瓷的发展

在青釉瓷稍后，我国南方许多地区又烧出了一种黑釉瓷，它是铁系高温釉瓷的一个重要分支。原始黑釉瓷始见于夏商马桥遗址，周代原始瓷中亦常有使用。黑釉真瓷出现时间虽较青釉真瓷稍晚，但发展十分迅速，在我国古代陶瓷史上占有重要的地位。目前浙江、湖北、江苏、安徽等地汉墓都有黑釉器出土，在上虞东汉窑址还发现过青釉器与黑釉器共烧的现象。习见器物有壶、罐、瓿等大件，以及碗、洗等，造型和饰纹与青釉器基本一致。今见于考古发掘年代较早的器物有镇江小黑罐，安徽亳县“建宁三年（170年）”墓黑釉器等[61]。值得注意的一点是黑釉虽冠之以“黑”，实际上多呈棕褐、棕黄、绿褐色，而非纯黑色。

1979年，凌志达曾对我国古代黑釉器进行过一次较为系统的研究[53]，他分析了21件南北出土的器物，时代由东汉至元，其中有3件为上虞东汉黑釉瓷，胎体颗粒较细、且较均匀，说明其原料进行过较好的粉碎和淘洗；釉色绿褐至黑棕，釉层较薄，釉面开纹片，光泽较差。器胎平均成分为：SiO_2 75.77%、Al_2O_3 15.91%、Fe_2O_3 2.53%、TiO_2 0.93%、CaO 0.37%、MgO 0.62%、K_2O 3.18%、Na_2O 1.0%。可见其 SiO_2 含量较高（75.51%～76.0%），Al_2O_3 含量较低（15.71%～16.25%）；Fe_2O_3 含量亦较高（2.35%～2.62%）。人们还对其中2件釉片进行了

① 此“資”字今用繁体字而未用简体字，因它是“瓷”字的前身，故以保留原字形为宜，这样亦可避免造成“汉代便有了‘资’这个简体字”的误会。



分析，平均成分为：SiO_2 56.29%、Al_2O_3 13.98%、Fe_2O_3 2.01%、TiO_2 1.09%、CaO 16.5%、MgO 2.11%、K_2O 3.73%、Na_2O 1.0%、MnO 0.28%、FeO 2.79%。可知此 SiO_2 量较低（56.13%、56.45%）；CaO 量较高（16.42%、16.58%），为石灰釉。两件标本含铁量皆较高，尤其是低价铁，其 Fe_2O_3 分别为 2.15%、1.87%，FeO 分别为 2.49%、3.08%。

可见从胎到釉，黑釉器与青釉器的成分都有一定区别，两者皆出现于汉，说明时人对胎料、釉料的选择和配制能力已达到相当高的水平。

在显微镜下观察时，黑釉器胎体主要由玻璃体、石英颗粒、长石残骸、莫来石针晶及气孔等组成。石英粒无明显的熔蚀边，数量约占25% ~40%，大小为15 ~40微米，少数达 60 ~100 微米。长石残骸上生长有莫来石针晶。可见到少量小云母晶体。釉层为透明玻璃体。胎釉结合处无明显的反应中间层。三器烧成温度范围为 1 220 ±20 ~1 240 ±20℃，显然温度不高，其中一件标本含气泡亦较多[53]。

从大量的实物考察情况看，黑釉器的胎泥多数炼制不精，胎、骨不及青釉器细腻，器形也较简单，施釉常不及底，在器底及近底处常显露出深紫色。黑釉瓷的胎和釉皆以含铁较高的粘土作原料，优点是：（1）其分布较广。（2）烧结温度较低，在窑炉温度尚不太高的条件下，也能烧出较好的产品。（3）釉中含铁量较高，颜色较深，从而掩盖了粗糙且灰黑的胎体，改善了器物表面状态。黑釉瓷的产生和发展是汉代制瓷术的一项重要成就，较好地促进了我国古代陶瓷业的发展。

汉代瓷器成型主要是拉坯法和泥条盘筑法，亦兼用他法。宁波郭塘岙窑所烧青瓷主要有罍、钟、壶、罐、盆 5 种，除罍为手制外，其余 4 种皆为轮制，罍的口沿亦曾轮修。器耳多用模制，罍的口沿、钟的圈足是分段安装的[1]。上虞帐子山东汉窑址出土一件“陶车”构件——瓷质轴顶“碗”，内作臼状，壁上施有均匀光滑的青釉；处壁成八角形，上小而下大，镶嵌在轮盘的正中部位，置于轴顶，一经外力推动，即可持续而快速地旋转起来[62]。施釉法又由刷釉改成了蘸釉，釉厚且匀，郭塘岙窑的青瓷施釉亦常不及底，仅施一半者众。罍、钟、壶的内底常有刷釉现象。釉面光洁。釉厚多为 0.2 毫米，盆类的达 0.7 毫米，胎外施釉不均[1]。

五、筑窑和烧造技术之发展

此期窑炉主要有半倒焰式馒头窑和平焰式龙窑两种，前者主要见于北方，多用于烧陶器，后者多见于南方，用来烧瓷器，或陶、瓷共烧。早期青瓷主要在龙窑中烧成。

（一）半倒焰窑

我国半倒焰窑的基本结构战国便已定型，相当长一个时期内皆无太大变化，秦代才有一些进步，这主要表现在两方面:（1）火膛、窑室增大。如秦都咸阳窑[63]，以土坯砌成，容积约为午汲战国窑床的 3 倍，燃烧室深度加大一倍[64]。（2）窑床前高后低，如咸阳滩毛村 4 号陶窑的坡度约 7 度，这是一项新成就。因半倒焰窑的火焰，部分作横向运动，窑床上的坯件常因前半部受热较快，发生收缩而倾倒，有时还可能倒入燃烧室。适度地前高后低，便避免了这些现象的发

生[65]。汉代陶窑较秦代又有了一些进步，主要表现是:(1)将进烟口①增加到了两个或两个以上。设置两个时，分布于后窑墙的两侧；设置三个时，一个居中，两侧各一，也有三个并列的。进烟口均设在窑后的墙内，窑室内封一土坯。进烟口虽有两个或三个，但最后的排烟口，或说竖起来的烟囱，却只有一个。两侧烟道均向中部弯曲，烟经汇集后排出窑外。类似的结构在河南温县[66]、新乡[67]、甘肃酒泉[68]、陕西汉长安城[69]、河南偃师西罗洼村[70]等都可看到（图3-3-1）。只设一个进烟口时，往往容易造成温度不均。1986年，新乡北站区前郭柳村发现了三座汉代窑址，其中2号窑只有一个进烟口，3号窑3个；1号窑4个，均置于后墙内，一字排开，中间的两个较大，边上两个较小，两侧烟道均向中部弯曲，把烟汇集到中间通路，再由排烟口排出窑外[67]。这就改善了窑内火焰分布状态，使窑内各部均能达到较高温度。(2)窑顶采用了券砖拱顶结构。1988~1989年，河南偃师西罗洼村发现一处东汉烧煤的瓦窑遗址，其中有一座保存较好，全窑由窑门、火膛、窑室、烟囱组成，窑顶是由砖券砌而成的，系四隅券进式，这种结构在其他地方还很少看到[70]。(3)窑后有一个较大的集烟室，这在许多窑上都可看到。如偃师西罗洼村东汉烧瓦窑，窑后在生土中挖一窑洞（集烟室），平面长2.6米、宽0.5米，在高1.25米处收缩成一个细窄的烟道，烟道残口部长0.5米、宽0.3米，向上将烟引出地面[70]。1994年，汉长安北宫遗址南发现20多座砖瓦窑遗址，清理了11座，结构基本相同，值得注意的是，其窑室皆呈椭圆形，有的弧度还较为规整，这对于火焰运动显然是有利的[71]。

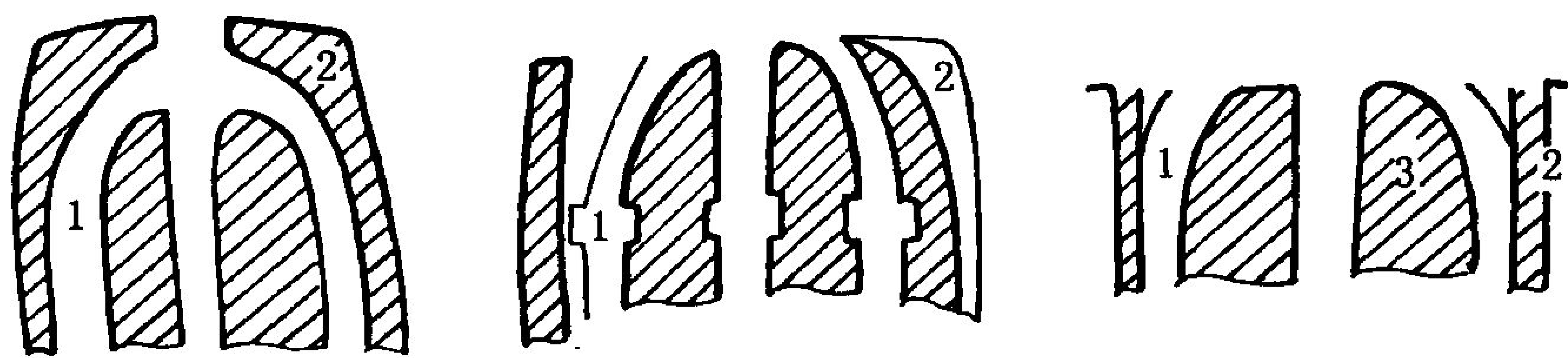


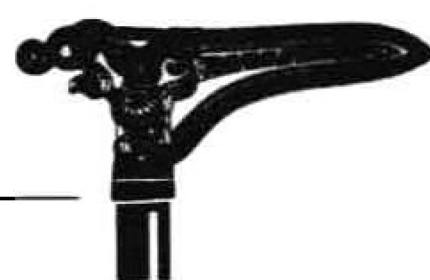
图3-3-1　汉代陶瓷窑后墙内烟道分布图

左：甘肃酒泉下河清窑　中：西安草滩阎家寺窑　右：河南温县烘范窑

采自文献[65]

在今见汉代陶窑中，武安午汲一座东汉窑可谓颇具匠心。它将窑的后墙做成弧形且向外凸出，在窑室与后墙间，另用砖坯单行横砌一道上达窑顶的隔墙；隔墙下部贴近窑床处，设有三个间距相等的进烟口。于是，隔墙与窑后墙之间便组成了一个半月形的集烟室，把烟气汇集后再排出窑外（图3-3-2）[64][65]。这种集烟室不但构筑方便，而且可起到“沉烟”和净化烟尘的作用。偃师西罗洼东汉窑在集烟室与窑室间有一生土隔墙，底部有三个进烟口使之与窑室相连[70]。

① “进烟口”和“排烟口”都是以竖立起来的烟囱为主体来命名的。烟流入烟囱之口，谓之进烟口；烟排出烟囱之口，谓之排烟口。



（二）龙窑

龙窑在东汉时期有了一定发展，主要表现是使用地域又有了扩展，除江西、浙江外，重庆等地也有发现。技术上的进步不大，唯坡度稍有加大，窑顶使用了粘土砖拱成，高度稍有增加等[72]。

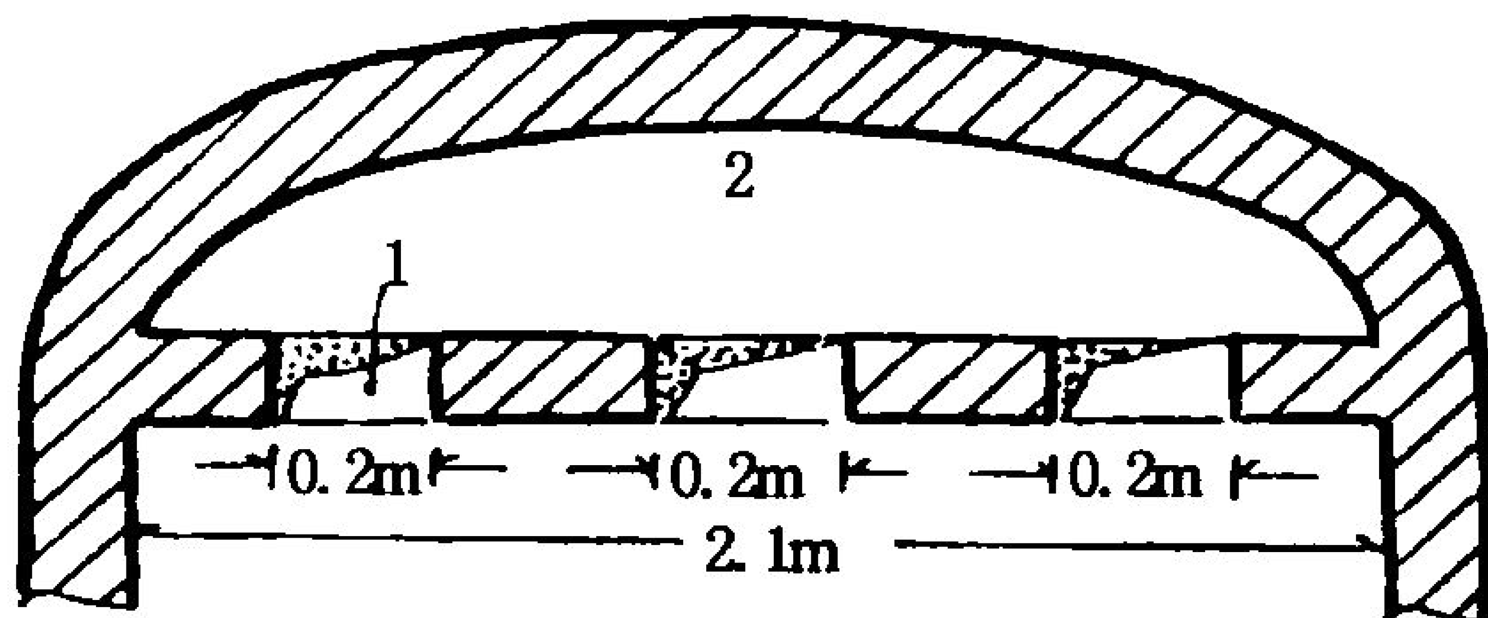


图3－3－2　河北武安午汲东汉窑后部平面示意图
1. 进烟口　2. 集烟室
采自文献[65]

浙江上虞1号龙窑残长3.9米，全长估计10米左右；残存部分的窑床底部宽1.97～2.08米，窑底前段倾斜28°，后段倾斜21°；2号窑前段倾斜31°，后段倾斜14°。前后两段交界处都有一道明显的凸起折棱[62]。显然这两项技术都有利于提高空气抽力、提高窑温、改善温度分布，使温度提高到1 300℃左右，为瓷的烧成创造了必要条件[73]。为控制火焰流速，2号窑的烟道还用砖坯和粘土堵小。从烧造情况看，窑尾温度一般较低，很可能烧不出瓷器来，这在1号窑上表现得尤为明显，这与后段坡度较小有一定关系。两窑皆间烧青釉、黑釉瓷；1号窑以青瓷为主，多为碗、盅类小件器物；2号窑以黑釉器居多，多为罍、瓿、罐、壶等大件器物，表现了一定的分工倾向[62]。值得注意的是宁波郭塘岙汉代龙窑未见兼烧釉陶，亦未见上虞东汉龙窑那种青瓷与印纹硬陶兼烧的现象[74]，说明郭塘岙已发展成单一的青瓷窑[1]。

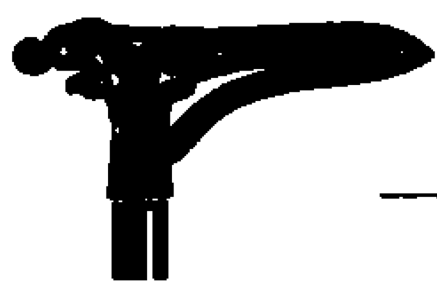
1992年，江西丰城县港塘村发掘了3座东汉晚期龙窑，并排构筑，其中一座长约10余米，宽约2米，前段坡度19度，后段9度，烧结面厚约5厘米[75]。1997年，重庆市忠县中坝发现3座汉代龙窑，长约10米[76]。

（三）窑具

此期窑具也有一定发展，比较值得注意的是圈式间隔具的使用、支烧具的初步推广和有关火眼的问题。

圈式间隔具至迟出现于东汉晚期，湖南湘阴青竹寺窑等都有出土，且有垫饼与垫圈同出[77]。这种间隔具的优点是稍见平稳。支烧具虽出现于战国，但发展较为缓慢，东汉时期才在浙江一带推广开来[78]。前述上虞两座龙窑的底部都置有部分窑具，1号窑的垫座为斜底直筒形，叠烧时的间隔为三足支钉；2号窑的垫座呈束腰斜底喇叭状[62]。宁波郭塘岙龙窑采用了高10～10.4厘米的覆钵形支烧具和高36厘米的喇叭形支烧具，可依烧成带中不同部位窑温不同的情况，把坯件置于最佳烧成位置，故其产品很少有生烧的[1]。

据报道，1982年，始皇园陵附近的下和村陶窑出土了1件带孔的圆形陶片（82下Y1:73），外径8厘米、厚3.1厘米，正中有一直径1.5厘米的孔洞，发掘者称之为“火眼”，说其“是观察火候的工具”，其中间的小孔便是“观火透孔”[79]。从道理上讲，此观火的透孔对于遮挡高温火焰辐射是有一定作用的，但其在考古发掘中看到的较少，传统技术中亦不多见，所以这种有孔的圆形陶片是否观火透孔，有待进一步核实。



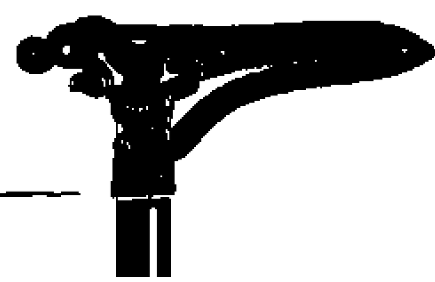
（四）青瓷的烧成技术

青瓷的烧造大体上可分为三大阶段，即氧化焰烧造、还原焰烧造、冷却；关键是控制好后两个阶段。青釉器是以铁氧化物为着色剂的，在氧化性气氛中，釉中釉色显黄；还原性气氛中显青；弱还原焰时，釉色青中泛黄；强还原焰时，呈现较深的青色。温度和气氛控制得当，便可得到纯正的淡青色；控制不当，便会产生薰烟，或窑温过高而流釉和变形，或温度过低而出现“生烧”的现象。在冷却过程中，冷却过慢，铁便会发生二次氧化，使釉色泛黄；太快又会产生“惊风”，致使胎壁开裂。东汉晚期一些青釉瓷，不但胎质较好，而且釉色纯正，无流痕，少开片；说明人们已较熟练地掌握了复杂的青瓷工艺。据分析，上虞小仙坛青釉瓷胎含 FeO 为 1.26%、Fe_2O_3 为 0.58%，还原比值（FeO/Fe_2O_3）为 2.17，说明其在还原性气氛中烧成。制瓷技术之高低，只有烧成之后才能充分地体现出来。

瓷器的发明，是印纹硬陶技术、原始瓷技术长时期发展的结果，它说明人们在原料选择和加工、釉料配制、筑窑技术、烧造技术等方面都达到了相当高的水平。选择并加工好原料，是烧制瓷器的基础；筑好窑、控制好温度和气氛，则是烧制出瓷器的外部条件。昔有学者认为，中国首先发明了瓷器，是最先使用了高岭土的缘故，实际上并非如此，而是最先使用了高硅的瓷土和瓷石。高岭土含 Al_2O_3 量较高，熔剂量较低，使用纯高岭土作为制瓷原料时，即使达到 1 400℃ 的高温，也是很难致密烧结的，况且古代窑炉很难获得此种高温。所以在当时的温度条件下，用高岭土作原料时，就只能烧出白陶来。瓷土所含石英、高岭石和长石之比例，恰似配合好了的真瓷组分，这种组分在 1 200℃ ~1 300℃ 间具有良好的瓷化性能，就为瓷器的烧造打下了良好的基础[51][80]。商周以来，我国人民在长期生产实践中，逐渐积累了一整套如何选择瓷器原料的经验，其中主要是提高坯体 SiO_2 和 Al_2O_3 的含量，降低 Fe_2O_3 的含量。我国南方许多省份都有十分丰富的高硅瓷土资源；而南方龙窑技术的发展，使器胎能生成较多的玻璃质，促进它的烧成，使胎骨坚强致密，并使胎釉紧密结合而不至于脱落；这也是瓷器首先在我国南方，而不是在北方产生出来的原因。瓷器的发明，是我国人民对世界文化的一项杰出贡献，后来它又传到了东南亚、南亚、非洲、西亚，深受各国人民的喜爱。欧洲的第一批瓷器大约是 1575 年才在意大利的佛罗伦萨（Florence）烧制成功的。

第四节 古代机械技术体系之初步形成

秦、汉是我国古代机械技术全面发展的一个重要阶段，此时农业、手工业、军事、交通等社会生产和社会生活的各重要部门，都使用了较为复杂的组合机械。由于冶金技术的全面发展，一些简单机械，从材质到形制都发生了许多变化。水力已使用于粮食加工、冶铸鼓风和天文观测；风帆已广泛使用于船舶航行。此时的自动博山炉，应是对热力的一种早期利用。连杆传动、曲柄传动、绳索传动、拨杆（凸块）传动、“偏心矩”传动等都更加巧妙地用到了纺织、粮食加工和鼓风等机械中，而且把齿轮传动用到了记道车、天文仪器和指南车上。在交通工具中，发明了独轮车，造船技术有了较大提高；在农具中，作为粮食加工工具的旋转磨



有了较大发展，发明了砻和扇车；耕犁的结构趋向于更加完善；弓弩技术有了发展；发明了游标卡尺、消暑大扇、被中香炉，以及某些自动机械。古代机械技术的基本体系开始形成。

一、水力和风力机械的发明和发展

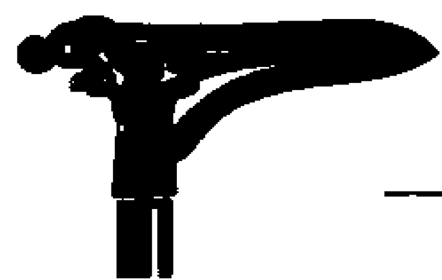
古代机械的动力最初主要是人力，之后才使用了畜力、水力、风力、热力。先秦时期，我国机械的原动力基本上是人力和畜力，西汉之后才使用了水力、风力，后二者的利用，是人类改造自然、利用自然的又一伟大胜利。秦汉时期的水力机械主要有水碓、水排、翻车、浑天仪；风力机械主要是风帆。对热力的利用虽始于汉，但当时仅仅是一种游艺性机械。

（一）水碓

这是一种水力驱动的粮食加工机械，约发明于西汉。《桓子新论》云："宓牺之制杵臼，万民以济，及后人加巧，因延力借身，重以践碓，而利十倍杵舂。又复设机关。用驴赢牛马及役水而舂，其利乃且百倍。"[1]这里叙说了粮食加工由杵臼到践碓、畜力碓、水碓的整个发展过程。这是我国古代关于水碓的最早记载。桓谭（公元25～57年），东汉早期人，故水碓发明年代当可上推到西汉。"宓牺"即伏牺，杵臼是否伏牺发明，今已难知。一般而言，它应是农业发明前后出现的；不管是采集来的，还是人工栽培的谷物，都需进行简单的加工。湖南澧县彭头山新石器时代中期遗址出土有石杵[2]，浙江河姆渡出土有木杵[3]，杭州水田畈和吴兴钱山漾良渚文化都出土有木杵，陕西华阳横阵仰韶文化遗址、甘肃秦安大地湾、山西襄汾陶寺都有石臼出土。用杵、臼舂米的力，是人的臂力和杵的重力；践碓则是利用杠杆原理，把杵头安装在杠杆（碓身）的一端，用脚踏动杠杆另一端，借助重力舂米的；畜力碓则是通过轮轴的转动，以安装于转轴上的拨杆（或说凸块）做传动件，代替人脚来间断压动杠杆（碓身）的。

水碓发明后在雍州等地得到了较广的使用。《后汉书·西羌传》载，顺帝永建四年（129年），虞羌诩上奏章，说"雍州之域……因渠以溉，水舂河漕，用功省少而军粮饶足"。原注云："水舂即水碓也。"

这些记载都较简单，关于汉代水碓的具体构造，依此很难了解。文献上关于水碓较为详明的记载是到了元代才看到的，其中大家较为熟悉的是元王祯《农书》、《资治通鉴》胡三省"注"，前者还配有插图。《资治通鉴》卷七八"魏纪十"元胡三省注"水碓"云："为碓水侧，置轮碓后，以横木贯轮，横木之两头，复以木，长二尺许，交午贯之。正直碓尾木，激水灌轮，轮转则交午木戛击碓尾木而自舂。不烦人力，谓之水碓。"此"横木"即水轮之卧轴，此水轮为立式。午、交午，一纵一横。宋史炤《资治通鉴释文》卷八"魏纪十"："水碓，轮车也。"说水碓是用水轮驱动的轮车。这些，对我们了解汉代水碓都有一定帮助。元王祯《农书》卷一九"农器图谱·利用门"也载有类似的装置，此外还载有一种"槽碓"，其做法是："碓梢作槽受水，以为桩也。凡所居之地，有泉流稍细，可先低处置碓一区，一如常碓之制，但前程较细，后梢深阔，为槽可贮水斗余。上芘以廈，槽在廈外，乃自上流用笕，引水下注于槽。水满则后重而前起，水泻则后轻而前落，即为一舂"。此槽碓虽较简单，却蕴藏了较深的力学原理。水碓的发



明，是人类利用自然力的又一重要成果。郭可谦先生函告云：此水碓亦是简单机械，并为早期自动机械的一个典型实例。因依经典的说法，一部完整的机械应包括三个主要部分，即动力部分、传动部分和执行部分，而此三部分在水碓机构中皆已具备，同时这里还置有机座和自动控制部分，从而具有更深一层的含义。

（二）水排

这是一种水力驱动的鼓风机械。“水排”即水力驱动的排橐，“橐”原是一种皮囊，“排”即是串在一起的一排鼓风皮囊。如前所云，人力推动的橐在商代和战国都有使用，水力驱动的橐则是发明于东汉初年。《后汉书》卷六一“杜诗传”说：杜诗乃河内汲县人，建武七年（公元31年）迁南阳太守，他“善于计略，省爱民役，造作水排，铸为农器，用力少见功多，百姓便之”。这是我国古代关于水力鼓风的最早记载。汉代水排的具体构造今已难知，从元代王祯《农书》卷一九所载水排图来看，它应是通过轮轴、绳索、拉杆来传动的。欧洲水力驱动的鼓风装置约发明于12世纪。

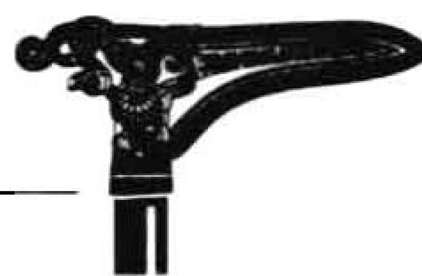
（三）翻车和渴乌

它们都是一种排灌机械。《后汉书》卷一〇八“张让传”云：掖庭令毕岚，“又作翻车、渴乌，施于桥西，用洒南北郊路，以省百性洒道之费”。这是我国古代关于“翻车”和“渴乌”的较早记载。但此述十分简单，其具体构造很难确切了解，学术界便产生了许多不同看法。元王祯[4]、明徐光启[5]、今人刘仙洲[6]、陆敬严[7]等，皆说此“翻车”即后世的龙骨车；李崇州等则认为它实际上是一种辘轳[8]；但此两说皆未列出令人信服的文献依据。浅见以为汉代的翻车即是筒车，有关情况第四章再作讨论。“渴乌”即虹吸管。“张让传”章怀太子李贤注云：“翻车，设机车以引水。渴乌，为曲筒，以气引水上也。”杜佑（735～812年）《通典》亦认为它是一种虹吸管。1977年，安徽阜阳汉墓出土一批西汉竹简和木牍，竹简之一载：“泄并以半口母动，口管之水将自汲也。”墓主人为西汉汝阴侯夏侯灶（？～公元前165年）。此由井中“自汲”之管，当是一种虹吸管[9][10]，说明当时渴乌使用已较普遍。

（四）浑天仪

这是一种水力驱动的天体模型。古人认为天体之状如鸟卵，周旋无端，其形浑浑然，“浑天仪”原即此意。《晋书》卷一一“天文志上”云：“张平子既作铜浑天仪，于密室中以漏水转之。令伺之者闭户而唱之。其伺之者以告灵台之观天者，曰璇玑所加，某星始见，某星已中，某星今没，皆如合符也。”张衡（78～139年），字平子，东汉人，这是我国古代水力驱动天文仪器的最早记载。由宋代苏颂所著《新仪象法要》所绘构造图等资料推测，汉代浑天仪应是一种水力驱动，以齿轮为主要传动的机械。同时引文还谈到了“皆如合符”，若非齿轮传动，是很难做到这一点的。

我国古代的天文仪器约发明于先秦时期，《尚书·舜典》有“璇玑玉衡以齐七政”的说法，一般认为，“璇玑玉衡”可能就是后世浑仪的原始形态。另据唐《开元占经》等的引述，战国魏的石申曾测量了100颗星的位置，并记下了所测恒星的赤道坐标，他很可能制作了某种具有赤道装置的天文仪器。1973年，长沙马王



堆汉墓出土的《五星占》所记战国行星位置都相当准确，如其金星的会合周期为584.4日，比现代测定值仅大出0.48日，若无仪器，是很难达到如此准确的。到了汉代，有关天文仪器的记载就逐渐明确起来，西汉杨雄《法言·重黎》云："或问浑天，曰：落下闳营之，鲜于妄人度之，耿中丞象之。"李轨注云："落下闳为武帝经营之，鲜于妄人又为武帝算度之；耿中丞名寿昌，为宣帝考象之。"可见在武帝、宣帝时，人们已制作了浑天仪，并用它进行了观测的演示。关于西汉浑天、浑象仪的具体构造，今已很难了解，《开元占经》曾引东汉蔡邕言，对浑仪作过一些描述和评论。张衡所做浑天仪，是个划时代的创造。

（五）风帆

风帆是我国古代利用风力作动力的最早例证，有关记载始见于东汉中期。安帝元初二年（115年），马融所上《广成颂》便曾提到风帆，并对其使用情况作了十分生动的描述："然后方余皇，连舼舟，张云帆，施蜺帱，靡飔风，陵迅流，发櫂歌，纵水讴，淫鱼出，蓍蔡浮，湘灵下，汉女游。"[11]此"张云帆"两句意即"张开似云彩、若霓虹的绸帆"。这是迄今所知我国古代关于风帆的最早的明确记载。稍后，王粲（177~217年）《从军诗》曾有"柎帆倚舟樯"等语。这里提到了"帆"和"樯"，是我国古代关于桅杆的较早记载。汉末刘熙《释名·释船》对帆是这样定义的："随风张幔曰帆。帆，泛也，使舟疾泛泛然也。"从这些情况看，东汉中晚期之后，风帆已经相当广泛。

关于风帆的发明年代，学术界一直存在不同看法：昔曾有人说它始创于夏，依据是明罗颀《物原》云："夏禹作舵加以篷碇帆樯"；今有学者则说它发明于商，理由是甲骨文中有一个"凡"字，而"凡"亦可训之为"帆"[12]；但也有学者对此持有异议，理由是：甲骨文"凡"字的含义较广，而且大量的东周、西汉文献均不见"帆"字踪影[13]。我们认为，这些皆可进一步研究。从现有资料看，其发明年代应在东汉中期之前。

（六）儿童玩具风车的出现

"风车"是一种利用风力推动的机械，及至汉代为止，类似的实物和文字资料皆未看到。但有报道说，辽阳三道壕东汉墓壁画中，见有一黑帻白衣人双手高举一只黄色风轮状物（图3-4-1），与后世儿童玩具风车颇为相似[14]。若所说无误的话，这便是借助于风力推动的儿童玩具风车，应是实用风车的原始形态。我们以为，东汉已经有纸，用纸或类似绢的东西做成玩具风车还是可能的。当然，由玩具风车到实用风车，还有一段漫长的路程。

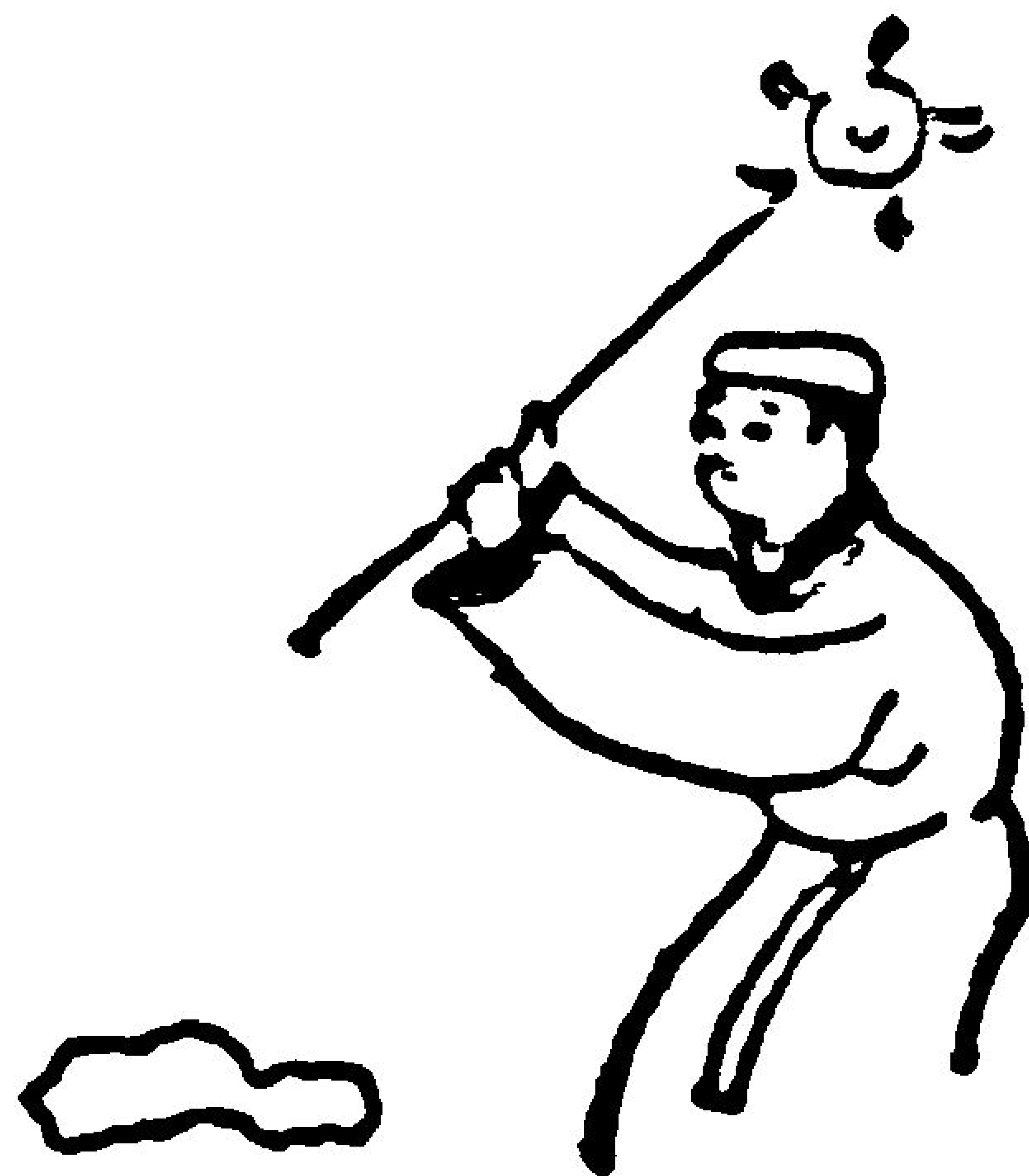


图3-4-1　辽阳三道壕东汉墓壁画上的风轮状物

采自文献[14]

二、齿轮传动机械的发明和发展

我国古代齿轮传动至迟发明于西汉时期，当时使用的机械主要有记道车、指南车和浑

天仪等，它们都能比较精确地把一根轮轴的旋转运动和动力传递到了另一根轴上。水力驱动的浑天仪前已言及，下面分别介绍其他两种机械。

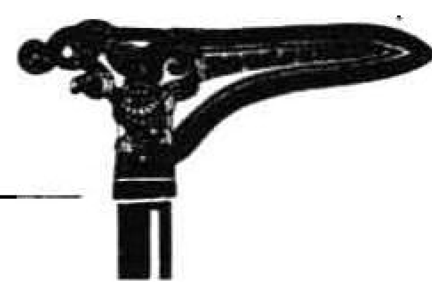
记道车。又谓之记里车、司里车、记里鼓车，它是利用车轮的转动，自动地把车行的里数记述下来的一种机械，功能与今汽车的里程表相当。

记道车至迟发明于西汉。《西京杂记》卷五云："汉朝舆驾祠甘泉汾阴，备千乘万骑。太仆执辔，大将军陪乘，名为大驾。司马车驾四中道。辟恶车驾四中道。记道车驾四中道。"《旧唐书·经籍志》谓《西京杂记》为晋葛洪撰。据云，葛洪家珍藏有刘歆"汉书"百卷，乃当时欲撰史录事而未得用者；班固《汉书》全取自刘歆之书，洪又抄集班固未录者而成卷。一般认为，《西京杂记》所录诸事大体上是可信的。关于记道车的具体构造，由《晋书》到《宋史》，许多文献都有记述，尤以《晋书》和《宋史》所述为详。后面再作介绍。

指南车。这是一种自动离合的齿轮传动机械。其发明年代历来都有不同说法。晋崔豹《古今注》说它始于黄帝，又云"旧说周公所作"。沈约《宋书》卷一八"礼志"也有周公所作之说，但沈约还提供了其他的一些资料。其云："其始周公所作……《鬼谷子》云，郑人取玉必载司南，为其不惑也。至于秦汉，其制无闻，后汉张衡始复创造。"说黄帝或周公始创了指南车，这是难以令人置信的。《鬼谷子·谋篇》虽也提起过"司南"，但其具体形态今已难考。从现有资料看，指南车应是东汉张衡创制，应是在记道车、司南等的启示下发明出来的。也有学者说其发明于西汉[15]，亦可进一步研究。

在此有一点值得注意的是，不管记道车、指南车，还是浑天仪，所用齿轮基本上都是木质的[16]，用于传动的金属齿轮今在考古发掘中尚未得到证实。几十年来，考古界虽发现过许多金属齿轮状物，有铁质、也有铜质[17]，有斜齿、人字齿，也有直齿，河北、河南、山西、陕西等许多地方都有出土，年代上限已推到了战国，但它们多是用于制动的，有的则用途不明。早在1937年，王振铎就已谈到过此事[18]。1989年，陆敬严在考察了大批金属齿轮状物后认为，只有1954年山西永济窖藏出土的两件齿状物可用于传动[19]，其伴出有战国至西汉遗物。其中一个为5齿，外径3厘米；另一个为6齿，外径2.1厘米。但笔者认为其是否能够传动，依然值得研究，且真实用途不明。1974年，陕西永寿县出土过一件金属直齿轮，齿数达48[20]，用法亦不明。一般而言，齿轮的功能大体上可归结为二：一是传递运动，二是在此同时并传递动力。记道车、指南车、浑天仪，基本上属于前一类型，其载荷量较小，使用硬木材料也是可以的，但也不排除其中部分小型齿轮使用过金属的可能性。

我国古代的机械传动主要有5种方式[21]，即连杆传动、齿轮传动、拨杆传动（凸块传动）、绳索传动、链传动。直至东汉为止，前4种机构先后都已出现。纺车和织机上有连杆和绳索传动，玉的琢具上有绳索传动，皆可上推至先秦时期。水碓、水排上有拨杆（凸块）传动；水排上还有拉杆传动；浑天仪、记道车、指南车都使用了齿轮传动。我国古代的机械链约有两种，即传送链和传动链；前者约出现于三国时期，后者则是到了宋代才看到的。秦汉考古发掘中虽见有不少金属链状物，有铜质，也有铁质，但皆与传动无涉。满城刘胜墓所出铜壶计有4条系



链，以为提系，长达48～48.5厘米。其车马器上计有9件铁链，每节用两股粗铁丝拧成绳状，两端作环，环环相扣而成长链，各链粗细不同，其中一件残长28厘米[22]。山东寿光出土有汉代铁链1条，锻制，计10节，长72厘米[23]，用途不明。郑州古代窖藏出土有4件铁镣，并附有铁链，乃是一种刑具[24]；秦俑坑也出土过一些链条，种类较杂，其中包括黄金型、铜型、铁型，以及铜与石、皮与铜之组合型[25]，这些链在机械学上并无太大意义。

三、耕作和粮食加工机械的发展

这方面的机械较多，这里主要介绍一下犁、耧车、旋转磨、砻和扇车等人们较为关注的几种。

（一）耕犁结构之初步形成

我国耕犁约出现于铜石并用时代，这在长江流域和黄河流域的考古发掘中都可看到。始为石质、木质，以人力拉动，之后才发展到了青铜质、铁质，以牛拉动。秦汉时期，铁质犁铧在全国范围得到了推广，陕西、河南、山东、河北、甘肃、福建、辽宁等省的几十个地方都有汉代铁质犁铧出土。与战国相比较，秦汉犁铧的主要进步是：（1）由铁口犁逐渐演变成了全铁犁，而且出现了不少形制较大的制品。山东滕县出土一件大型犁铧，三角形，长48厘米，顶宽45厘米[26]。河北平泉下店发现几件大型犁铧，其中3件的长、宽和銎高分别为：46.0厘米、47.0厘米、15厘米；43.0厘米、46.0厘米、14.5厘米；40.0厘米、44.0厘米、13.0厘米[27]。原始铁犁铧多为铁口型。（2）一些犁铧头部的角度变小，两刃内侧交接处向后延伸；于是阻力减小，较为省力[28]。（3）出现了犁壁。犁壁不但可用来翻土成垄，而且可起到除草杀虫的作用。在欧洲，犁壁是13世纪出现的。（4）犁体结构向完善化方向发展，作为犁的木质部分已有了犁辕、犁梢、犁底、犁箭、犁衡等。早期的直犁辕计有单直辕和双直辕两种，前者即所谓的“二牛抬杠”，后者则是一牛一犁；其犁箭可调节耕作深度；此双辕和犁箭，或说一牛一犁的出现，是一种较为先进的耕作方式，并具有重要的技术意义[29]。至于《汉书·食志》所云“二牛三人”的“耦耕”法，今世学者则有过许多不同意见，其中一种认为是二牛挽一犁（二牛抬杠），即一人牵牛，一人压辕，一人扶犁[30][31]。

（二）耧车

这是一种条播机械，约始见于汉武帝时期。早期的播种方式多为撒播，汉武帝时，尉粟都尉赵过推行代田法，须开沟作垄，将种子播于沟内，遂发明了耧车。东汉崔寔《正论》曾对其作过简单介绍：“三犁共一牛，一人持之，下种挽耧，皆取备焉。一日种顷也。”[32]崔寔，字元始；《政论》，有时又写作《正论》。显然，此介绍过于简单。实际上，对耧车的详明记载是到了元代才看到的。元王祯《农书》卷一二“农器图谱二”云：“耧种之制不一，有

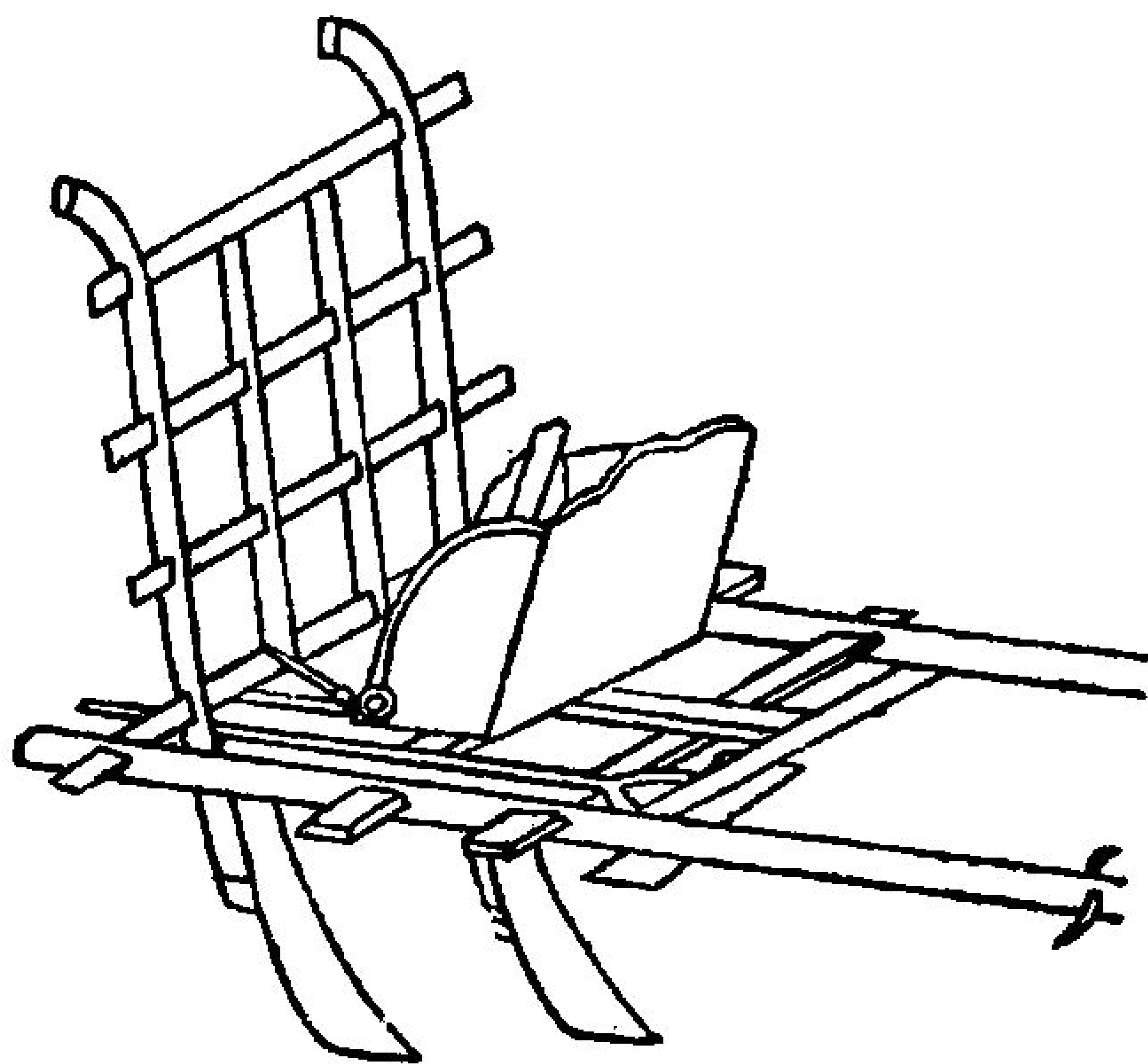


图3－4－2　王祯《农书》所载耧车图

独脚、两脚、三脚之异……其制两柄上弯，高可三尺，两足中虚，阔合一垅，横桄四匝，中置耧斗，其所盛种粒，各下通足窍，仍旁挟两辕，可容一牛，用一人牵，傍一人执耧，且行且摇，种乃自下。”（图3-4-2）此法将开沟与下种同时进行，简化了操作，提高了工效，是汉代农业技术的一项重要成就。

（三）旋转磨

磨是谷物粉碎加工机械。旋转磨始谓之硙，又谓之礳。西汉史游《急就篇》卷三云：“碓硙扇隤舂簸扬。”唐颜师古注：“碓所以舂也，硙所以礳也。”史游，元帝（公元前48～前33年在位）时曾任黄门令。《说文解字》云：“礳，石硙也。”段氏注：“礳，今字省作磨。”但“磨”字在东汉时期亦已出现，崔寔（？～约170年）《四民月令》云：“六月……馔治五谷、磨具。”这些都是我国古代关于旋转磨的较早记载。

如前所云，圆形旋转磨约始见于战国晚期，河北邯郸[33]，及属战国至秦的陕西临潼秦故都栎阳遗址[34]、临潼郑庄秦石料加工场[35]都有出土。汉后，山东济南、河北满城、河南洛阳烧沟、江苏江都、山西襄汾等都出土过西汉旋转磨；东汉时期便更加广泛地使用起来，有关实物出土量更多。但总的来看，秦汉旋转磨依然是处在发展过程中的。由战国至西汉，磨齿多为凹坑型，面粉不能迅速外流，凹坑也容易为粮食堵塞，显得有些原始。东汉之后，磨齿出现多样化，西汉时期处于萌芽状态的辐射形、分区斜线形此时逐渐推广，显然是人们看到了凹坑式的缺点。图3-4-3为河南正阳李冢东汉中期墓石磨形态，直径50厘米，高16厘米，酱砂石质，表面斜刻细密凹槽[36]。西晋之后，磨齿结构才逐渐变得成熟起来[37]。

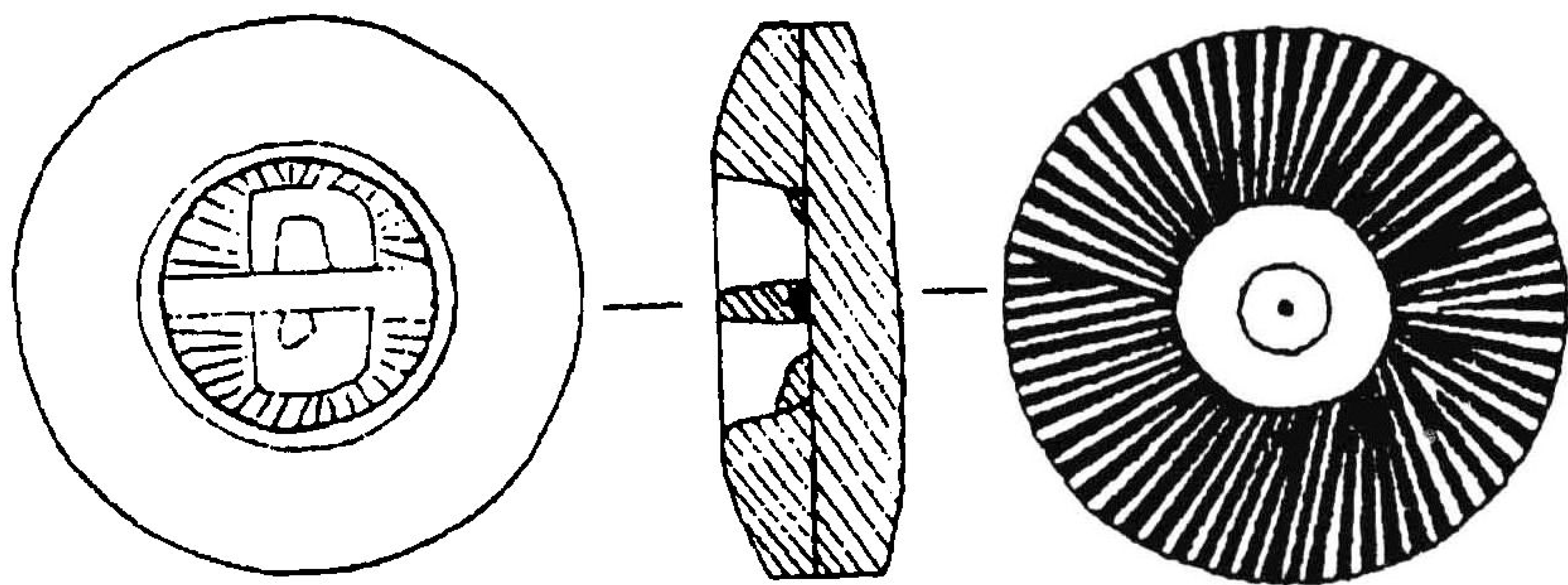
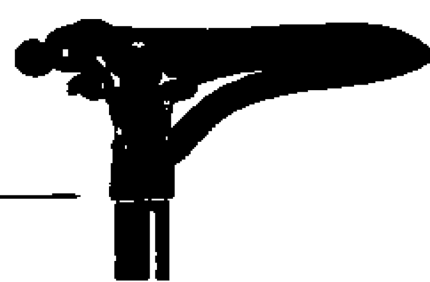


图3-4-3　河南正阳东汉石磨

采自文献[36]

（四）砻

这是一种用研磨来使谷类去皮的机械，其构造与圆形旋转磨相似，唯质地和功用有一定区别。磨皆石质，砻尚有竹编泥填而成者。《说文解字》云：“砻，礳也。”段玉裁注云：“此云礳也者，其引伸之义……今俗谓磨谷取米曰砻。”在考古发掘中，砻的形态始见于新莽。1984年江苏泗洪发现一汉画像石墓，其西室西壁画像石有一幅“庖厨图”，其中便有一砻，砻分两扇，顶部有承谷漏斗，下有砻盘承接加工过的谷物，砻右一人弓步推砻，墓葬属新莽时期。看来砻的发明期至少



可上推到西汉晚期。砻的实物始见于东汉，今见有湖北云梦瘌痢墩1号东汉墓陶砻、湖北鄂州东吴墓石砻等。前者上扇的边缘有柄，柄上有孔，可以安装推拉杆（曲柄）；后者有推拉杆（曲柄）同时出土[37]。此上扇之柄，便相当于一种偏心机构，以曲柄推拉时便会产生一个偏心力矩，在此偏心矩的作用下，砻便不断地旋转。产生偏心矩的机构较多，汉代的旋转磨、旋转砻、脚踏纺车，以及后世的偏心轮、脚踏木棉纺车等，大体上都具有这种机构。

大凡磨和砻之始都是人力驱动的，可通过推拉杆（曲柄）而使之绕轴心旋转，也可以人力推动磨柄旋转。总之这磨和砻都是在偏心矩作用下旋转做功的，这是我国较早的曲柄连杆组合传动装置。魏晋南北朝时，我国又发明了畜力磨、水力磨。磨和砻，皆一直沿用到了近现代。

（五）扇车

这是人力驱扇生风，以分离稻壳等杂物的粮食加工机械。有关记载始见于西汉《急就篇》，即前引“碓硙扇隤舂簸扬”。颜师古注云:“扇，扇车也。隤，扇车之道也；隤字或作𩪿，𩪿之言坠也，言既扇之，且令坠下也。”今在考古发掘中所见最早的扇车形态是河南济源西汉末年墓所出扇车、践碓的陶质模型。其扇车位于米碓后边，车箱呈梯形，中部有一方形漏斗，扇叶安装在中央轴上，有一立俑摇动风扇的摇柄[38]。1971年，山西芮城汉墓群出土4件东汉釉陶粮食加工作坊模型（明器），形制基本相同，平面呈长方形，顶长30.5厘米、顶宽19.5厘米、通高15.5厘米、屋长23.5厘米、屋宽14.2厘米；作坊中有碓、磨、扇车三种机械。风扇6叶，中轴通外有摇柄，上有盛米漏斗，下有出秕的夹槽，与流传至今的农村风扇车如出一辙[39]。1971年，洛阳东汉砖卷墓亦出土有陶质风扇车、践碓模型[40]。可见扇车在东汉使用已广。

四、弓弩技术的发展

弓约发明于旧石器时代，弩约发明于新石器时代，都是古人对弹力的较早利用。由于对外征战之需，汉代弓、弩技术都有了较大提高。

（一）弓

汉代骑射技术得到了较大发展。此期弓箭技术上的进步主要有下列两项：（1）箭镞逐渐完成了以铁代铜的过程。秦俑坑于20世纪70年代两次发掘，出土铜镞计约8 400多只，铁铤铜镞只有4只，铁镞只有1只[41]。安徽阜阳双古堆西汉早期汝阴侯墓出土铁铤铜镞36只、铜镞9只[9]。西汉中期后，这情况就发生了变化，河北满城刘胜墓出土箭镞计441只，其中铁镞371只，铜镞70只[42][43]。刘胜死于元鼎四年（公元前113年）。如前所云，王莽时期毁于战火的汉长安武库中，铜镞与铁镞之比，大约只为1:10左右。（2）弓体大小逐渐规范起来，弓体较为宽厚，镞短杆长，有利于远射。今见的几件汉弓尺寸都较接近，长约130～140厘米；箭有长、短两种，分别为80厘米和67厘米左右；不像楚墓所出箭镞那样长短悬殊[44][45]。居延甲渠候官遗址出土过一件新莽建武初年的复合弓，弓长130厘米，外侧材质为扁平的长木，里侧材质由几块牛角锉磨、拼接、粘合而成，弣部又夹辅二件木片。表面缠丝髹漆，外黑内红[46]。

（二）弩

汉《释名》云："弩，怒也。有势怒也。其柄曰臂，似人臂也。钩弦者曰牙，似齿牙也。牙外曰郭，为牙之规郭也。下曰县（悬）刀，其形然也。含括之口曰机，言如机之巧也。"此对弩的构造作了较好的描述，说明汉代对弩机各部分功能已有了进一步的认识。

汉代弩机的进步主要表现在以下 6 个方面：

1. 青铜扳机外装上了铜质机匣（即铜郭），这在战国时代是很少看到的。铜郭的使用，使机括能承受更大的张力，从而增加了弩的强度和箭镞射程。

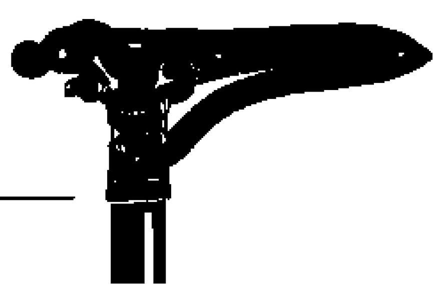
2. 瞄准装置，即"望山"有所改进。望山始见于战国时期，汉后其高度有所增加，原来的弧面改成了直面，并在望山上增加了刻度。刘胜墓弩机的望山高约 4.5 厘米，上有 5 个大的刻度，每个大刻度内又刻有半度，这对于远射时的瞄准具有尤为重要的意义[44][45]。

3. 弩的制造趋于标准化。据汉简所记，人们已依弩的弹力而把它分成了若干等级，见于汉简的有：一、二、三、四、五、六、七、八、十、十二石弩[47][48][49]，未央宫骨签刻记的弩力有 17 个级别，即一、二、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、廿、卅、卌石[50]。仅此两种资料，弩力便有 18 个级别。此外还有一种能力更强的大黄弩。《史记·李广列传》"集解"引孟康说："太公《六韬》曰：陷坚败强敌用大黄连弩。"又引韦昭曰：大黄弩，"角弩，色黄而体大也"。看来，弩力至少有 19 个级别，其中最为习见的是六石弩。依武库铜权计算，一石约合今 30.23 千克，六石弩便为 181.4 千克。从三石至六石，射程约 120 步至 200 步，依汉一尺合今 23.2 厘米计[51]，便相当于 167 ~ 278 米。

4. 连弩、蹶张弩使用更为普遍。《史记·秦始皇本纪》载，三十七年（公元前 210 年）始皇"还过吴，从江乘渡。并海上，北至琅邪"。方士徐市诈称大海求神药数岁不得，乃为大鲛鱼所苦，于是"以连弩射之"。可知在秦代，连弩已是军中的常设装备。汉代连弩多为绞车发射的车弩，李陵亦曾以连弩狙击匈奴。《后汉书》卷一引《汉官仪》注云："高祖命天下郡国选能引关蹶张，材力武猛者以为轻车骑士材官。"在普天之下选择材官来管理蹶张弩，可见其地位之重要和使用之广。《汉书》卷四二载，申屠嘉亦曾"以材官蹶张"。

5. 发明了伏弩。伏弩是一种自动触发的早期自动机械，主要用来护墓、伏击野兽和敌人。伏者，埋伏也。后世又谓之窝弩。有关记载始见于《史记·秦始皇本纪》，云："始皇初即位，穿治郦山，及并天下，天下徒送诣七十余万人，穿三泉，下铜而致椁，宫观、百官、奇器、珍怪、徒臧满之。令匠作机弩矢，有所穿近者辄射之。"这也是我国古代关于自动触发机械的较早记载。"伏弩"之名始见于《汉旧仪》，云：凡修造陵墓，均"设伏弩、伏火、弓矢与沙"。以防盗墓者。

6. 床弩有了发展。主要是有关记载增多，且更为明确。《后汉书》卷八六"陈球传"载，州兵朱盖等反，与桂阳胡兰数万人攻零陵，陈球"乃悉内吏人老弱，与共城守，弦大木为弓，羽矛为矢，引机发之，远射千余步，多所杀伤"。此"弦大木为弓，羽矛为矢"的大型弓箭，若非床弩，是很难发射的[44][45]。王充



《论衡》曾提到过“车张之弩”，自然也应是一种床弩。

弩为汉代较为先进的常规远射兵器，用量也较大。从居延汉简、敦煌汉简的考察情况看，汉代各屯戍单位使用的兵器中，弩与其他兵器的比例约为2:1。据江苏连云港市尹湾6号汉墓出土的《武库永始四年兵车器集簿》载，该库拥有的兵车器足可装备50万人以上的军队。在各式武器中，数量最多的是弩，其中有乘舆弩11 181张，普通弩526 526张，计537 707张[52]。

汉代弩机出土较多，河南洛阳、河北满城、湖南长沙、江西南昌、江苏盱眙、山东临沂、山西浑源、广东广州等汉墓都有出土。其中比较值得注意的是盱眙东汉墓出土的一张漆弩，其木臂保存完好，髹以黑漆；弩臂全长56.5厘米，前窄后宽，最宽处约4.2厘米；铜质机郭全长12.5厘米、宽2.7厘米；木臂前部呈长条形，面上刻出宽约1.0厘米的矢道，向后与铜机郭面的矢道联成一体，矢道全长近50厘米；握手的横截面呈椭圆形，其前侧下部开有竖直的窄槽，当扳发弩机时，可将后扳的悬刀纳入槽中。据推测，铜机郭与弩臂长度之比约为1:4.5[44][53]。

五、车船技术的发展

（一）车

秦汉时期，车的形制和装置都有了较大发展，商周车一般都是两轮、单辕的，此时推广了四轮和双辕，并创造了独轮车。

双辕车约始见于战国早期，但使用未广，汉后逐渐推广开来。长沙203号西汉后期墓出土有双辕木车模型[54]，四川德阳等地画像砖上所见双辕车尤多[55]。《汉书·舆服志》载，汉代乘舆都是重牙、贰毂、两辖的，车行更为安全、牢固。为改善轮与轴的工作条件，釭和锏的使用较战国更为普遍。《说文解字》云：“釭，车毂中铁也。”“锏，车轴铁也。”段玉裁注：“以铁锞裹之谓之锏……釭中亦以铁锞裹之，则铁与铁相摩，而毂轴之木皆不伤乃名，铁之在轴者曰锏，在毂者曰釭。”许多地方都出土过汉代铁釭，其中又以六角形釭最为习见。满城1号汉墓出土1对铁釭和10件铁锏，其中1件铁锏为灰口铁，这种材料具有较高的耐磨性和较小的磨擦阻力；2号墓出土7件铁輨、8件铁锏[56]。1975年河南镇平汉代窖藏出土圆形釭3件、六角形釭9件[57]，经分析，其中两件六角轴承分别为共晶和过共晶白口铁[58]。

汉代铁釭生产已形成了一整套技术规范，镇平六角形釭最大的为15.0厘米，最小的为6.5厘米，每个等级相差0.5厘米，这与河南温县东汉六角釭范腔、渑池汉魏六角釭基本一致[57]。1954年，山西永济薛家崖出土的3件汉代铜制轴承，原报道说它与现代汽车轮上的滚动珠架一样，是铜质的环形槽，内分四格或八格，格中有生铁粒的残余，即以生铁粒为滚珠[59]。果真如此的话，这便是我国古代最早的滚珠轴承。

秦汉车子最值得注意的有三件事：一是秦俑坑所出铜马车，二是江苏连云港市尹湾6号汉墓所出《武库永始四年兵车器集簿》所载兵车，三是文献上记载的独轮车，这对我们了解秦汉车辆技术的发展状况都提供了很好的资料。

1980年，始皇陵陪葬坑内出土了两乘大型彩绘铜车马（彩版肆，1），分别为车马仪仗中的立车（又名高车）和安车。前者担负警戒和先导，后者是可供人休

息的副车。两车皆单辕双轮，驾四马，尺寸约与真车的一半相当，皆造型准确，驾具完备，工艺精细。高车的车舆呈横长方形，广126厘米、进深70厘米；车的正中有一高柄圆形铜伞，车上站立一铜御官，装备铜弩机1件。安车的车舆平面呈“凸”字形，铜车和铜马通长317厘米、高106.2厘米；车舆分为前后两室，前室较小，置跪坐铜御官一。两套铜车马的主要部件多是铸造的，车箱的底板宽且厚；整件铸成；车箱顶板为一大型弯拱盖，长宽分别为1.7米、1.35米，厚2毫米；车箱四壁厚约4毫米；车厢窗板厚仅1.2~2.0毫米。面积较大而厚度小的物件，铸造起来是很不容易的。其舆、辕、脊、轮所用材料的成分范围是：锡11.05%~13.58%、铅0~0.71%，余部为铜；牙、毂的含锡量分别为9.17%、8.32%，含铅量分别为0.12%、0.53%，余部为铜；大体上是一种Cu-Sn二元合金。从现代材料学观点看，这成分是不错的。其制作过程中使用了分铸法和嵌铸法，使用了铜焊、铆钉连接、销连接、子母扣连接等[60][61]。有些铜丝是通过锻打方式加工成的[62]。始皇陵铜车马的出土，为我们了解先秦及至两汉车制提供了大量的实物资料，并弥补了文献记载之不足，在技术史、军事史、舆服史上都具有重要的意义。

尹湾《武库永始四年兵车器集簿》凡2 000余字，所载皇室兵车器58种，114 693件，非皇室兵车器182种，23 153 794件，皇室和非皇室的两项合计有兵车器240种，23 268 487件。其中战车类有：轻车、兵车、钲车、鼓车、戏车、武摩车、连弩车、冲车、蜚楼行临车、武刚强弩车、战车、三轮车、占车等。这些不同种类的车都有不同的用途，其中的“蜚楼行临车”当为侦察车，“钲车”、“鼓车”、“武摩车”、“戏车”当为指挥车、仪仗用车，说明汉代车制已向定型和规范化方向发展。其中数量最多的是连弩车，计564乘[52]。

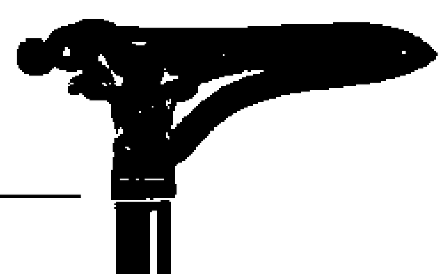
我国古代独轮车约发明于西汉时期，始谓“一轮车”、“鹿车”，东汉后逐渐推广开来[63][65][66]。

有关独轮车的明确记载始见于《说文解字》“车”部，其中有一个“輂”字，原释云：“輂，车輮规也。一曰一轮车。”① 可见在东汉早、中期已有了“一轮车”。东汉晚期应劭《风俗通义》曰：“鹿车窄小……或云乐车。乘牛马者，剉轩（斩）饮饲达曙，今乘此，虽为劳极，然入传舍，偃卧无忧，故曰乐车。无牛马而能行者，独一人所致耳。”[64]此鹿车“独一人所致”，无牛马而能行，故王振铎、史树青[65]、刘仙洲皆认为[66]它即是独轮车。“鹿”即“辘”，一种轮轴装置。看来此说是很有道理的。

文献上关于“鹿车”的记载至少可上推至西汉晚期，其中比较值得注意的资料有如下几条：

句道兴《搜神记》引西汉刘向（公元前77~前6年）《孝子图》说：董永者，千乘人也。“家贫，至于农月，与（以）辘车推父于田头树荫下，与人客作，供养不阙。”

① 这里又用了一个繁体字“輂”，实乃不得已而为之。若依汉字简化方案，此“双头”头须简化成“草”字头，“車”字须简化成“车”字，将这两个简化部分合成后便成了“荤”字。而此“荤”的含义就变了，指的是鱼肉类食品，其意与作为“轮车”的“輂”是大相径庭的。



《后汉书》卷一一四"列女传·鲍宣妻"云：其"与宣共挽鹿车归乡里"，"修行妇道，乡邦称之"。鲍宣卒于汉平帝元始三年（公元3年）。

《后汉书》卷五六"赵憙传"载，西汉更始（公元23~25年）败，憙为赤眉兵所围，越屋而逃，"以泥涂仲伯妇面，载以鹿车，身自推之"。

《后汉书》卷五七"杜林传"云：建武六年（公元30年），杜林弟成物故，杜林"身推鹿车，载致弟丧"。

这几条文献都说"鹿车"系人力所推之车，且无牛马。若再证之有关砖石画像，问题便更为明白。

容庚在《汉武梁祠画像录》① 中考释董永故事时认为，坐鹿车之人即董永父[67]。此外四川成都羊子山2号汉墓、四川渠县燕家村、四川渠县蒲家湾都出土过画有独轮小车的画像石[66]。

可见，汉代已有独轮车是肯定的，三国时期的所谓木牛流马大约就是在此基础上，为适应蜀地军事运输的需要而发展、演变出来的，具体构造和尺寸上当有一些差别。独轮车的发明和推广，对我国古代社会生产和社会生活都产生过一定的影响。

（二）船

适应于军事和经济发展的需要，秦汉时期的造船技术有了很大发展。秦始皇本人便曾多次沿江、海巡游，还"遣徐市发童男童女数千人入海求僊人"。楼船约始于先秦时期，秦汉就更加盛行起来；汉武帝为征南越，在长安挖昆明池训练水军；《汉书·食志下》云：其"治楼船身高十余丈，旗帜加其上，甚壮"。若此说无误的话，依汉1尺为今23厘米[51]，此楼船高便达23米以上，相当于今三四层楼的高度。《西京杂记》卷六载，"昆明池中有戈船、楼船各数百艘，楼船上建楼橹，戈船上建戈矛。"《汉书·武帝纪》云：武帝元鼎五年，"遣伏波将军路博德出桂阳下湟水，楼船将军杨仆出豫章下浈水，归义越侯严为戈船将军出零陵下离水"。去平定南越叛乱。楼船兵在秦汉时期已成为三大兵种之一。《汉官仪》载，"平地用车骑，山阻用材官，水泉用楼船。"[68]汉代已有强大的水师，并北及今朝鲜，南过今越南一带。

1974年，广州发现一处秦汉造船工场遗址，其拥有三个长近百米，平行排列的造船台和一个木料加工场，船台由枕木、滑板、木墩组成，其整个布局采用船台与滑道下水相结合的原则。出土时1号船台两滑板中心距为1.8米，船的宽度应为3.6~5.4米；2号船台两滑板中心距为2.8米，船的宽度当为5.6~8.4米；可同时建造载重量为五六十吨的木船[69]。依目前考古发掘的汉船模型推算，若为狭长船形，则长度达60余米；若为宽短船形，则可达29米[70]。说明秦汉造船技术已达到相当高的水平。

秦汉造船技术上的进步主要表现在如下几个方面：

---

① 武梁祠画像石，实包括武氏家族三座石结构建筑，位于山东嘉祥武宅山西北。武梁祠，祠主武梁，卒于元嘉元年（151年）；前石室，祠主系武梁侄，卒于建宁元年（168年）；左右室祠主不明，建造时间与前石室相近。

1. 对桨和橹有了一定的认识。桨是最为原始的船舶推进器之一，古又谓之櫂、札、楫。汉刘熙《释名·释船》载："在旁拨水曰櫂。櫂，濯也，濯于水中也，且言使舟擢进也。又谓之札，形似札也。又谓之楫；楫、捷也，拨水使舟捷速也。"这是我国古代关于桨的最早记载，也说明人们对桨的作用已有了较为明确的认识。

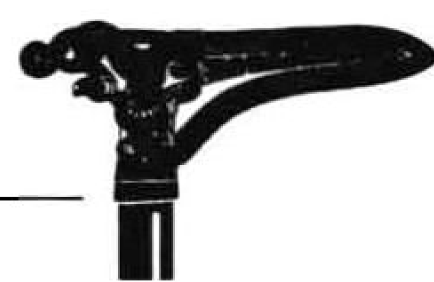
橹也是船的一种人力推动工具，外形似桨而较桨大，常支于船尾或船侧的支架上，它是像鱼尾那样左右摆动，且有规律地变更橹在水中的姿态，因形成了压差而产生推力的。橹亦可控制方向，作用类舵。《释名·释船》云："在旁曰橹。橹，旅也，用旅力，然后行舟也。"这是关于橹的最早记载。清王先谦按："旅之言众。旅力，众力也。"这也说明汉代的橹是置于船侧的，且已使用了"众力"。目前在汉代考古发掘中，出土过不少木质的，或者陶质的船舶模型，有学者认为，其中有的可能便是橹的形态[12][71]。与桨相较，橹的优点是：（1）桨是间歇做功的；橹可摇，就把桨的间歇运动转变成了连续运动。（2）因橹板以较小的攻角左右滑动，可起到用力少而见功多的效果。

2. 舵的发明和使用。舵是控制行船方向的一种工具。早期木船形体较小，方向易于控制，是可无舵的，桨便兼具了控制方向和推进两种功能。随着船体的加大，专为控制方向的舵便从桨中分离了出来。此时，专事推进的桨依然置于两侧，专事方向的舵就由船舷移到了船尾，而成了"尾桨"。

舵发明于何时，学术界尚无一致意见。由桨和橹的发明年代推测，其发明期当可上推至先秦时期，但这仅系推测，在古船模型中，与舵相关的实物皆始见于西汉时期。1951～1952年，长沙203号西汉晚期墓出土1件整木凿成的木船模型，全长1.54米，宽0.2米，随船出土了16支大小和形状完全相同的木桨，长52.8厘米。此外，还出土过1支长约100.2厘米，其中叶长45厘米的大型"木桨"，其头部呈刀形，不对称，考古发掘时便将之定成了舵[54]。1956年，广州西郊西汉墓亦出土1件整个挖成的木船模型，其前房有两排4个木俑各持短桨1支，尾部1木俑亦持1桨，疑即是舵[72]。1973年，湖北江陵凤凰山西汉前期墓出土1只整木雕成的木船模型，全长0.71米，宽0.105米，配有4桨及1件桨形舵[73][74]。1954年，广州市十九路军坟场东汉墓出土过1件陶质船模型，尾部安有1舵，形状与桨相似，但叶片宽大[75]。

汉代还有关于舵的文献记载。东汉末年刘熙《释名·释船》："其尾曰柁。柁，拕也。在后，见拕曳也。且弼正船，使顺流不使他戾也。"可见舵是拖于船尾，用以正船方向的，说明汉代对舵的作用已有了相当认识。因这种舵拖于船尾，故又谓之"尾舵"，或"拖舵"。考古发掘中，实物舵始见于唐[76]。在西方，被认定的最早的舵属1242年，相当于南宋淳祐二年。

3. 矴的发明和使用。矴即后世之锚，石质谓矴（或碇），铁质谓锚，是沉之于水，或掷之于岸用作固定船位的。碇的发明期尚待研究，有关考古资料是到了汉代才看到的。广西贵县罗泊湾1号西汉早期墓曾出土两件铜鼓，其中一件大号铜鼓上示有羽人划船图像，船下横置一件长柄状物，头部呈菱形，与柄相接处置有四根倒钩，与木石锚的形态相类似[77][78]。东汉时期，石锚逐渐地成熟起来。1954



年，广州出土的东汉陶质船模的尾部曾系一物，正视为“十”字形，侧视为“Y”字形，基本上具备了后世锚的特点[69][75][78]。我国古代关于矴的记载较晚，《三国志》卷五五“董袭传”云：汉献帝建安十三年（208 年）时，“权讨黄祖，祖横两蒙衝挟守沔口，以栟闾大绁系石为矴，上有千人以弩交射，飞矢雨下，军不得前”。蒙衝，舰名。

4. 船的形制和用途开始规范化。大凡汉代木船已有战船、货船、客船之分。以战船为例，其中又有许多类别，依《释名·释船》所云，“军行在前曰先登，登之向敌陈也；外狭而长曰艨衝，以衝突敌船也；轻疾者曰赤马，舟其体正赤疾如马也；上下重版曰槛，四方施版以御矢石，其内如牢槛也”。从考古发掘的木质、陶质船模型和各种船形图案看，有的船较为细长，有的稍为短宽；有的吃水稍深，有的吃水稍浅。20 世纪 50 年代长沙 203 号西汉墓木船模型当属细长平底船，江陵凤凰山西汉前期墓木船模型应属尖底船。凤凰山等船模型都有甲板和舷桥板，这有利于防止船舱进水等，舷桥板还可起到防浪、排浪和稳定船体的作用。宽短船型稳定性好、吃水浅，底平则不怕搁浅，已具备后世沙船的某些特征[69]。橹、舵、矴、风帆，以及船体各部结构技术的进步，都极大地提高了船舶航行的速度、准确性，以及稳定性。大约公元 10 世纪，舵始由中国传至阿拉伯，大约公元 12 世纪，舵和指南针始才传入欧洲。

六、游标卡尺和几种日用机械

（一）游标卡尺

这是现代工业生产不可缺少的测量工具，其早期形态约始见于公元 1 世纪初，即新莽（公元 9～23 年）时期。今见于著录的至少 5 件，此外，现存实物至少还有 3 件，计为 8 件。在西方，相类似的测量工具是 1631 年由法国数学家维尼尔·皮尔（1580～1637 年）发明的。

我国有关游标卡尺的著录始见于 1894 年成书的吴大澂《权衡度量实验考》一书，其云：“是尺年月一行十二字，及正面所刻分寸皆镂银成文，制作甚工，近年山左出土，器藏潍县故家……正面上下共六寸，中四寸有分刻，旁附一尺作丁字形，可上可下，计五寸，无分刻。上有一环可系绳者，背面有篆文年月一行，不刻分寸。”篆文年月一行为“始建国元年正月癸酉朔日制”12 字[79]。容庚《汉金文录》卷三载有 4 件，其中一件的拓本上有吴重熹壬辰（1892 年）跋，称其为“始建国铜器”。吴重熹为山东海丰人，同治元年举人。此外，罗振玉《俑庐日札》、《贞松堂集古遗文》卷一三、柯昌济《金文分域编》卷一二、刘体智《小校经阁金文拓本》卷一一等皆曾言及或者著录过新莽游标卡

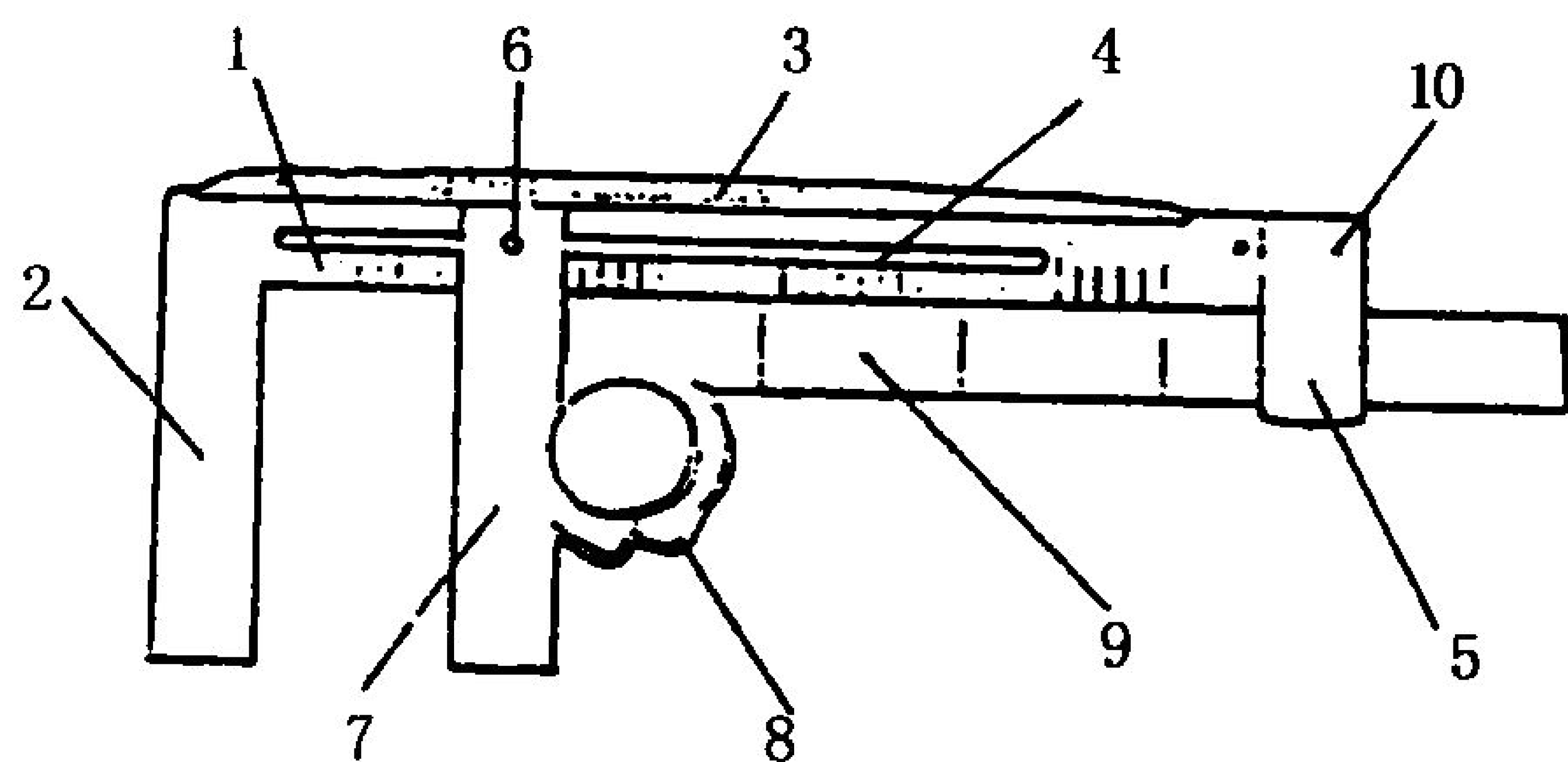


图 3－4－4　王莽游标卡尺构造图

1. 固定尺 2. 固定卡爪 3. 鱼形柄 4. 导槽 5. 组合套 6. 导销 7. 活动卡爪 8. 拉手 9. 活动尺 10. 铆钉

中国国家博物馆藏品　采自文献[80]

尺。不计转录重复者，著录过的计约5枚，遗憾的是这些器物今日均无下落。今见实物唯中国国家博物馆珍藏1枚[80]、1992年扬州市邗江县姚湾村出土1枚[81]、北京市艺术博物馆珍藏1枚[82]。

这些卡尺的构造基本一致，青铜质，由固定尺、固定卡爪、鱼形柄、导槽、导销、组合套、活动尺、活动卡爪等部分组成（图3-4-4），其固定尺和活动尺相当于现代游标卡尺的主尺和副尺；组合套、导销、导槽即相当于游标架。与现代卡尺的主要差别是：现代游标卡尺应用了微分法，通过对齐主尺和副尺的两条刻线，能较为精确地标示出本尺所测数据的精确度，这便是今人称其为“千分卡尺”之因；新莽卡尺则只能借助指示线，靠目测估量出长度“分”以下的数据，但就其原理、性能而言，两者是基本一致的。王莽游标卡尺可视为现代游标卡尺的早期形态[80]。用它同样可测量出器物的直径、深度，以及长、宽、厚，皆较普通直尺方便而精确[81]。中国国家博物馆游标卡尺的固定尺长15.23厘米、活动尺长13.8厘米[83]；北京市艺术博物馆游标卡尺固定尺长15.37厘米[82]；扬州姚湾游标卡尺固定尺长13.5厘米[81]。可见三者长短相差不大，比西方游标卡尺早了1 600年。

（二）七轮消暑大扇

这是消暑大扇。与前述扇车同样，都是人力驱动生风的机械。

有关消暑大扇的记载始见于《西京杂记》卷一，云长安巧工丁缓，“作七轮扇，连七轮，大皆径丈，相连续，一人运之，满屋寒颤”。这是我国古代关于人力机械扇的最早记载。其原理与扇车基本一致。发明年代至晚西汉。

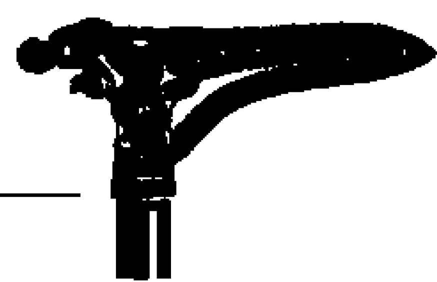
（三）被中香炉

这是一种自动调节平衡的装置，亦是一种常平支架。至迟始见于西汉。《西京杂记》卷一云：长安巧工丁缓“作卧褥香炉，一名被中香炉。本出房风，其法后绝，至缓始更为之。为机环转运四周，而炉体常平，可置之被褥故以为名”。此“本出房风”说今已难考，但丁缓之事当属可信。司马相如《美人赋》亦曾提到此物，云：“金鉔熏香，黼帐低垂。”宋人章樵注：“鉔音匝，香球，衽席间可旋转者。”关于汉代被中香炉的具体构造，今已难得详知，1963年西安出土了一件唐代被中香炉，其原理应是一致的，有关情况将在本书第五章的机械技术部分介绍。

（四）自动博山炉

《西京杂记》卷一云，长安巧工丁缓“作九层博山香炉，镂为奇禽怪兽，穷诸灵异，皆自然运动。”此记载十分简单，对其构造很难了解。但从“香炉”和“自然运动”二语推测，与后世走马灯在原理上应是一致的，应是人们将热能转变成机械能的最早尝试。

自然运动的九层博山香炉在考古发掘中尚未看到，河北满城2号汉墓出土一件“长信宫”灯，虽不能自然运转，但对我们了解当时灯具机械技术还是很有帮助的。此灯的外形作宫女跪坐持灯状，体内中空，无底，通体鎏金，全器由头部、右臂、灯座（分上下两部分）、灯盘、灯、罩六个部分分铸而合成，灯的各部均可拆卸，灯盘可以转动，灯罩可以开合，可视需要来调节照明度大小和照射方向。烛火的烟炱可通过宫女的右臂进入体内，使烟附着于体腔，以保持室内清洁。这既是一件难得的工艺美术品，在机械史上亦具有重要的价值。



（五）剪

有铜剪和铁剪两种，铜剪较少，铁剪是到了西汉时期才看到的。1991 年安徽天长县西汉早中期墓群[84]、河南洛阳烧沟西汉晚期墓等的出土文物中都可看到铁剪[85]，东汉之后铁剪迅速地推广开来，在陕县刘家渠[86]、郑州史马[87]等地都有出土。汉刘熙《释名》卷七“释兵”云：“翦刀，翦，进也，所以翦稍前进也。”毕沅曰：“今本翦作剪。”今日所见汉剪皆呈交股状，呈开口“8”字形；从分析过的标本推测，其材质相当一大部分都应当是白心可锻铸铁，或叫铸铁脱碳钢，前述郑州东史马铁剪便是这种铸铁脱碳退火处理件的制品[87]。

（六）平木床刨

我国古代平木用器大约有锛、铲，以及钩镰状器和床刨等。平木锛、铲当由普通锛、铲演变而来，发明年代较早，先秦到汉后都有使用；钩镰状器今在汉墓中见有一例[88]；大家较为关心的是床刨，由于文献记载不清，兼之考古资料较少，故学术界对其发明期一直存在不同看法。20 世纪八九十年代时还有过一些争论，有学者曾说它始见于明代中期[89]，本人曾认为至少可上推到唐代早期，且不能排除南北朝及至更早的可能性[90]。从现有资料看，平木床刨当汉代便已发明，之后，便逐渐成了我国平木用具的主要形式。

2003 年甘肃武威磨嘴子东汉墓出土了一枚保存完好的刨花（2003WMM25:29），置于墓主人席下边角处，宽 3 厘米，长约 10 厘米，厚 0.5 毫米，成自然卷曲状，薄而富有弹性，颜色与棺木相同，形态与现代木工刨花相似，这显然是床刨所为。早期平木用物，诸如小锛、小铲等，是达不到此种效果的。此外，还有三件事也很值得注意：（1）此棺板的企口拼合凹槽内，深浅一致，槽底平直光滑，没有削刮痕迹。显然，只有槽刨才能达到此种效果。（2）此棺长达 2 米，由多块板拼成，接缝外拼合得十分紧密。（3）棺木拼接方法较多，有凹凸拼接、暗栓拼接、银锭榫拼接、羊蹄榫拼接、羊蹄扣加销桩拼接、销桩榫拼接等；棺板角接榫有槽肩榫、斜肩榫、直肩榫等，这种制作法在磨嘴子汉墓中是普遍存在的现象[91]，都体现了相当的工艺水平，没有床刨加工，那是十分困难的。尤其是刨花和企口槽，决非锛、铲类工具所能奏效的。

又，1991 年，陕西汉景帝阳陵南区从葬坑出土过一批木工工具，计有铁凿、铁锛、铁锸、铁锯，以及一件刨刃[92]。虽刨刃形态报道未详，但当大体可信。

有学者力主平木用刨发明于明，主要是当时考古实物尚不够充足，文献记载又不太清晰之故。

第五节　纺织技术的发展

秦汉是我国古代纺织技术发展的一个高涨期，虽秦代末年耕织业一度受到影响，但汉后很快便得到了恢复和发展。《史纪·平准书》说，武帝元封年间（公元前 110～前 105 年），每年“均输帛五百万匹”，可见数额之巨。汉代的官、私纺织业都较发达，西汉时少府下设有东、西织室；“织室”官制一直沿袭到了东汉。《三辅黄图》卷三：“织室在未央宫，又有东西织室，织作文绣郊庙之服。”《后汉

书·和熹邓皇后纪》载："又御府尚方织室，锦锈冰纨绮縠金银"等玩弄之物"皆绝不作"。这些地方都提到了织室。两汉私营作坊都具有一定规模，如《西京杂记》卷一云，巨鹿陈宝光家织绫锦，霍光妻一次便将陈家所产散花绫25匹送人，可见陈家纺织规模是不小的。《汉书·张安世传》说："安世尊为公侯，食邑万户，然身衣弋绨，夫人自纺织，家童七百人，皆有手技作事，内治产业，累积纤微，是以能殖其货。"看来张安世也是个私营纺织的作坊主。

秦汉蚕桑业较为发达的地区依然是黄河中下游一带，其次是今四川[1]。《史记·货殖列传》："泰山之阳则鲁，其阴则齐。齐带山海，膏壤千里，宜桑麻，人民多文彩、布、帛、鱼、盐。""陈夏千亩漆，齐鲁千亩桑麻。"其中比较著名的丝绸产地是临淄、襄邑和任城国。《汉书》卷二八上"地理志"颜师古注：汉在临淄和襄邑皆设有服官。《汉书·地理志下》说：齐地"其俗弥侈织作冰纨绮绣纯丽之物，号为冠带衣履天下"。襄邑在今河南睢县一带。《后汉书·舆服志下》："乘舆，刺史、公侯九卿以下，皆织成；陈留襄邑献之云。"《说文解字》："锦，襄邑织文也。"《后汉书·郡国志》载，任城国系东汉章帝元和元年从东平国分出建置，隶兖州。桑弘羊在《盐铁论·本议》中把山海之货归结为五，"兖豫之漆丝絺苎"便是其中之一，此"兖"大约就包括了任城一带。罗振玉《流沙堕简·释二》第43页有任城缣，其上题作"任城国亢父缣一匹，幅广二尺寸，长四丈"等31字。这都是临淄、襄邑、任城国丝织品驰名之证。蜀地纺织业的中心是成都，其驰名年代较临淄、襄邑稍晚，但在东汉末年，便与前二者齐名，且有后来者居上之势。这一点可从后文将要提到的左思《蜀都赋》等资料看到。

此期麻布以西蜀和越地为上。《说文解字》："䌯，蜀细布也。"《盐铁论·本议》："齐阿之缣，蜀汉之布。"《后汉书》卷一一一"陆续传"载，陆续的祖父在光武帝时为尚书令，"喜着越布单衣，光武帝见而好之，自是常敕会稽郡献越布。"这都说明了蜀地、越地之布为佳。

此期毛织品的产地仍主要是我国西北部和北部地区。《后汉书》卷一二〇"乌桓传"载："乌桓者，本东胡也……食肉饮酪，以毛毳为衣。"其"妇人能刺韦作文绣织氀毼。"章怀太子引郑玄云："毛之褥细者为毳毛。"李贤又注："《广雅》曰：氀毼，罽也。"西汉时我国西南一带也有毛织物生产。《后汉书》卷一一六"西南夷传"载，哀牢夷"土地沃美，宜五谷蚕桑，知染采文绣罽毲"。冉駹夷"能作旄毡班罽青顿毞毲羊羧之属"。

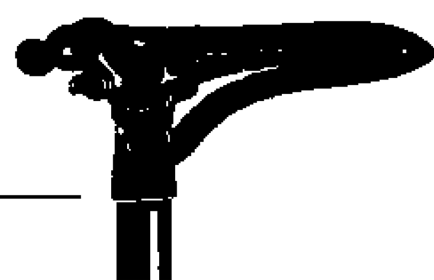
此期纺织技术的主要成就是：手摇缫车、手摇纺车都已推广，发明了脚踏纺车；脚踏斜织机已广泛使用，多综多蹑纹织机已相当完善，发明了束综提花机，织出了比较大型的花纹；染色技术有了较大发展，出现了多色套版印花，发明了蜡染工艺。棉纺技术在边境地区有了扩展。

一、原料初加工技术的进步

秦汉时期的主要纺织原料是丝、麻、葛、毛，西北和南方还有一定数量的棉花纤维。

（一）桑蚕技术的发展

两汉时期，桑蚕技术除黄河中下游外，在今四川、长江中下游，以及西北地



区都普遍发展起来。四川成都等地都出土有汉采桑画像砖[2]；呼和浩特市南的和林格尔县汉墓壁画显示有女子采桑图像，并见有筐箔类器物[3]；嘉峪关东汉砖室墓出土有大量反映蚕桑、丝绢的彩绘壁画砖[4]。《后汉书》卷一〇六“卫飒传”载，建武中，桂阳太守茨充“教民种殖桑柘麻苎之属，劝令养蚕织履，民得利益焉。”这些资料，大体上反映了全国南北蚕桑业的发展。此期养蚕技术的进步主要表现在三方面：（1）出现了二化蚕，一年养两次，从而提高了产丝量。《淮南子·泰族训》:“原蚕一岁再收。非不利也，然而王法禁之者，为其残桑也。”汉高诱注：“原，再也。”即此“原蚕”即二化蚕。（2）养蚕工具基本配套。东汉崔寔《四民月令·三月》载:“清明节，命蚕妾治蚕室，涂巢穴，具槌（阁架蚕箔的木柱）、栚（蚕架横木）、箔（养蚕竹筛）、笼（竹编的罩子）。”此书约成于145～167年[5]。崔寔，《后汉书》卷八二有传。其中提到的许多工具和基本操作一直沿用至今，而无多大变化。“涂蚕室”既可避鼠害，亦有利于调节巢穴温度。（3）秦汉时期，人们除了饲养家蚕外，还利用了一部分野蚕茧。《后汉书》卷一上“光武帝纪·建武二年”条载:“王莽末，天下旱蝗，黄金一斤易粟一斗；至是野谷旅生，麻尗尤盛，野蚕成茧被于山阜，人收其利焉。”

（二）热水煮茧缫丝法的普及

此期缫纺技术进步的主要表现是：普遍使用了热水煮茧缫丝法、手摇缫车逐渐推广。

热水煮茧缫丝法始于新石器时代晚期，先秦有了一定发展，秦汉便推广开来。《淮南子·泰族训》:“茧之性为丝，然非得女工煮以热汤，而抽其统纪，则不能成丝。”董仲舒《春秋繁露》卷一〇“实性”云:“茧待缫以绾汤而后能为丝。”这都是用热水缫丝作喻，来论述一个道理；都说明了这工艺当时使用已广。热水煮茧的优点是：能加速茧的膨润软化和丝胶溶解，既有利于丝的逐层舒解，亦有利于几根丝的抱合。

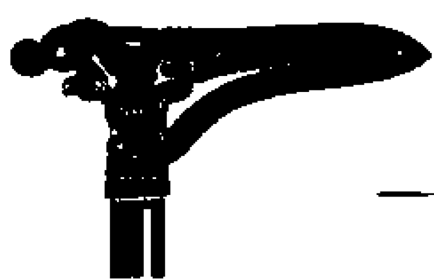
（三）手摇缫车之逐步推广

1952年，山东滕县龙阳店出土有汉画像石，其上刻有织机、纺车和络丝等图像[6]。可知手摇缫车汉代已开始推广。由其络丝图可知，丝是从垂直于丝绞方向退出的，故绞丝必须层次分明，若各圈丝缕互相嵌入，横向退绕就有很大困难；另外，其丝绞外形较大，可知缫丝时绕丝工具亦是较大的。由这些情况可以推知，当时的缫车已经相当完善，既具备了横动导丝机构，使绕上去的丝能依层次形成“交叉卷绕”，又具备了脱绞机构，使丝绞易于从车上御下[7]。

丝绞从缫车的丝軖上脱下后，还须经过一道络丝工序；之后，有的便可用于牵经络纬，以作织造；有的仍需经过并丝、捻线工序。并、捻可在纺车上同时进行。

（四）葛麻技术

秦汉时期，葛、麻都利用得十分广泛，葛约至唐，麻则元、明始才衰退。秦汉之麻主要指大麻和苎麻，长沙马王堆1号汉墓都有出土；其大麻布（N29－2）纤维投影宽度约22微米，横截面积153微米^2，断裂强度为4克强，断裂伸长为7%弱[8][9]，除去断裂强度外，其余诸项指标均与现代大麻纤维相近。江陵凤凰山汉墓也出土有苎麻纤维[10][11]。



葛、麻类纤维初加工时都要经过剥皮、刮青、脱胶、劈分等过程。脱胶通常可分为生物脱胶和化学脱胶两种，汉代都有使用。《齐民要术》卷二“种麻”引西汉后期《氾胜之书》说:“夏至后二十日沤枲，枲和如丝。”这便是生物脱胶。夏至后气温较高，有利于微生物繁殖，可提高脱胶速度和质量。江陵西汉初年167号墓出土有不少苎麻絮，光谱分析表明，其纤维表面附有大量钙离子和镁离子，与今化学脱胶的苎麻绒分析结果极为相似，人们推测它很可能使用石灰或草木灰的水溶液进行了化学脱胶[12]。

（五）毛纤维技术

秦汉时期的毛纤维主要是羊毛，1959年新疆民丰东汉古墓群出土的人兽葡萄纹罽、龟甲四瓣花纹罽、毛罗和紫罽，皆系羊毛纤维织成。人兽葡萄纹罽的经纬密为56根/厘米和30根/厘米，甚为精密[13][14][15]。1986～1988年，古楼兰城东发现两处东汉墓地，出土大量的丝、毛织品。1984年，新疆和田地区清理一批古墓，时代约相当于战国至东汉，出土有大量毛织物，多为彩色条纹或方格毛布外衣；妇女的内衣亦用毛纱或毛罗缝制。此外，还有毛布裤、毡或毛布制作的帽子、毡袜、毡靴以及毛织地毯和一件彩色缂毛人首马身纹织品[16]。1994年，吐鲁番交河故城出土毛织物13件，包括罗、平纹组织、斜纹组织、编织物等；其中毛罗2件，二纠经罗；断代西汉早期[17]。我国在汉代还发明了一种通经回纬的织花毛织物，习谓之缂毛。它是1930年英人斯坦因（Marc Aurel Stein）在新疆古楼兰遗址首先发现的，那是一块东汉缂毛织物，用深红、棕黄、浅棕、浅黄、绿色、浅绿、淡紫等色彩织出生动的人物、卷草、奔马纹[18]。1984年，我考古工作者在和阗地区洛浦县山普拉公社汉墓发现1件彩色人首马身像缂毛[19]。

（六）边境地区棉花技术之扩展

我国古代棉纺技术虽发明较早，但因气候、技术、习惯等方面的原因，长时期皆局限于边境地区。秦汉产棉地主要是下列3处：

1. 东南沿海一带。虽秦汉时期，这一带与棉纺有关的实物和文献迄今未见，但崇安武夷山船棺中发现了夏末商初青灰色棉布，而宋时闽广一带又大量植棉，故秦汉时期，闽广产棉当是无疑的。

2. 今新疆一带。1959年民丰东汉墓葬出土有蓝白印花棉布、白布裤和手帕等，其中一块蜡染布的经纬密分别为18根/厘米和13根/厘米[14][20][21]。另外，和田地区战国至东汉古墓在出土大量毛织品的同时，还有一件蓝印花棉布[16]。从新疆的自然条件和后世的资料看，此当为一年生草棉。

3. 今两广云南一带。《后汉书·西南夷传》载：哀牢夷“土地沃美，宜五谷蚕桑，知染采文绣，罽毲帛叠，兰干细布”。章怀太子注“帛叠”云:“《外国传》曰：诸薄国女子织作白叠花布。”“哀牢人”可能是傣族的祖先，生活在交州永昌，即今云南保山一带。此“帛叠”、“白叠”，当即棉花。这是汉云南一带已产棉花之证，它很可能是一种多年生灌木。此“传”虽为南朝宋范晔所撰，但当有所本。

上述资料都较为明确，故秦汉时期，此三处出有棉布是肯定了的。此外还有一些文献记述得不太清楚，多年来学术界也存在一些不同看法。今亦略述管窥



之见。

《史记》卷一二九"货殖列传"载："通邑大都，酤一岁千酿；醯、酱千瓨……贩谷粜千钟，薪稾千车；船长千丈，木千章，竹竿万个……其帛絮、细布千钧，文采千匹，榻布、皮革千石。"《汉书》卷九一"货殖传"基本相同。对其中的榻布，或荅布（《汉书》），自古至今，一直存在两种不同观点。一认为其为棉布。裴骃"集解"引《汉书音义》曰："榻布，白叠也。"[22]《汉书》注引孟康曰："荅布，白叠也。"[23]现代的一些纺织史研究者亦多主此说，认为它指棉布[24][25]。二认为其为厚重之布。《汉书》唐颜师古注云：荅布，"粗厚之布也。其价贱，故与皮革同其量耳。非白叠也。荅者，厚重之貌。而读者妄为榻音，非也"[23]。《史记》宋裴骃"集解"亦引颜师古说。单从文字上看，孰是孰非，一时是很难分辨的，但若联系到当时的大背景，细细地重读一下原文后，问题便较为清楚了。其实这整段文字，都是指一般"通邑大都"商贸情况、民间日用品流通情况的，这些商品便包括荅布、皮革等。在汉代，若说棉布在今广东、云南，或今新疆一带较多地流通还是可能的，但若说其在一般通邑大都也能与皮革等一样大量地流通，便难以想象了。所以，我们认为从整个社会的技术背景上看，在汉代，棉布远未达到能在一般通邑大都流通的地步。那么，此"榻布"或"荅布"，便应从颜师古说，释作一般的粗厚布，而不宜释作棉布。

又，《后汉书·西南夷传》载，哀牢夷"有梧桐木华，绩以为布。幅广五尺，洁白不受垢汙"。此"梧桐华"能绩出幅广五尺之布，一般认为它是多年生棉花[26][27][28][29]，我们亦同意这一说法，但也有人说其是攀枝花的[30]。

又，东汉杨孚《异物志》云："广州木緜树高大，其实如酒杯，皮薄，中有如丝绵者，色正白。破一实得数斤，广州、日南、交趾、合浦皆有之。"[31]此木緜"树高大"，一般认为是攀枝花[29]。

二、手摇纺车之推广和脚踏纺车的出现

此期纺纱技术的主要进步是：手摇纺车得到了普遍应用，并发明了脚踏纺车，使丝麻合股加捻的生产率大为提高。

原始的手摇纺车约发明于商周时期，但当时的纺纱工具依然主要是纺坠。秦汉时期，手摇纺车才逐渐推广开来，除了毛纺和少量绢纺（用下脚丝绵纺纱）外，纺车主要用作丝和麻的合股、加捻和卷绕。纺车的这种功能一直沿用到了唐宋时期，宋末之后，由于棉纺技术的发展，它的主要功能才发生了变化。

纺车在汉代又谓之䡓，《说文解字》云："䡓，纺车也。"段注云："纺者，纺丝也，凡丝必纺之而后可织。纺车曰䡓，《通俗文》曰缫车曰䡓，别是一物。"关于它的具体形态，在山东滕县龙阳店、滕县宏道院[6]、江苏铜山青山泉[32]、铜山洪楼（图3-5-1）[33]、江苏泗洪曹庄（图3-5-2）[34]等地出土或收藏的汉画像石上都可看到；山东临沂金雀山西汉墓出土的帛画上亦有一个纺车图（图3-5-3）[35]。从所绘纺车工艺程序看，它们都是用来合并、加捻丝缕的，其中又以洪楼东汉画像石所绘最为真切：两只篗子（籰）悬挂上方，用卧式手摇纺车把丝合并、加捻于锭子上。金雀山西汉帛画所绘纺车是纺丝絮的，一个身着左衽上衣的妇人左手高举白色丝絮纺缕，其具体操作应与今棉花纺纱相当。1978年，安徽麻桥东





图3-5-1 江苏铜山洪楼东汉画像石（局部）上的纺织图

采自文献[33]

吴墓出土一只木质纺纨，表面髹黑漆，长20.1厘米，直径1.1厘米，一端有木榫，一端有三道凹槽，这是迄今所见较早的纺车零件[36]。

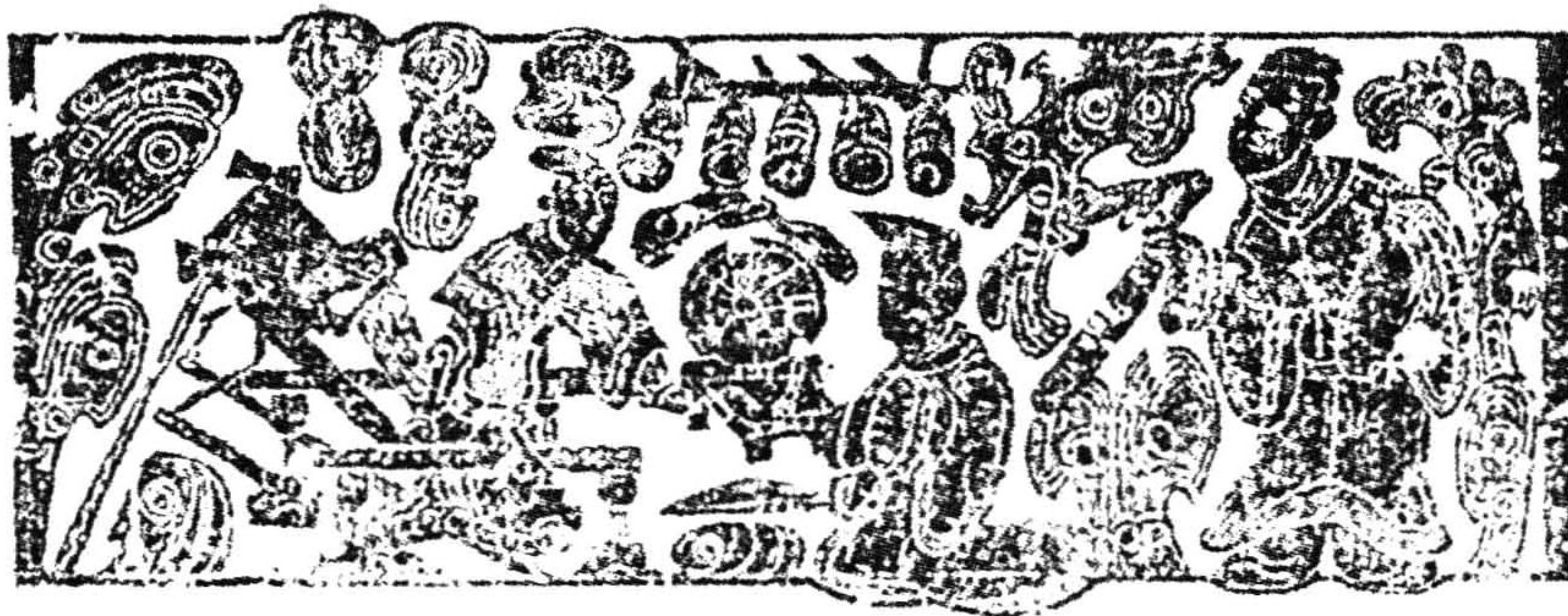


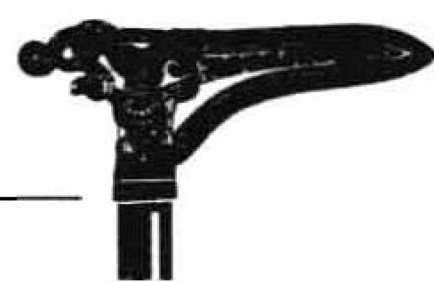
图3-5-2 江苏泗洪曹庄东汉画像石上的纺织图

采自文献[34]

纺车生产能力要比纺坠高出15~20倍，它的发明和推广，使丝、麻织物的产量和质量都大为增加。纺车还可依织物性质来决定丝麻缕捻度之高低，纺坠则难于进行此种控制。长沙马王堆1号汉墓出土25根瑟弦，其粗细不一，根弦都是用多根生丝分别并捻而成的。其三根尾岳分成三组，即外九弦，中七弦，内九弦。弦径最粗者1.9毫米，依次递减，最细为0.5~0.6毫米。这些弦粗细和捻度都较均匀，若无纺车，是很难达到这一技术水平的[37]。



图3-5-3 临沂金雀山西汉帛画纺车图摹本及细部 采自文献[35]



尤其值得注意的是，此期还发明了脚踏纺车。1974 年泗洪曹庄出土有东汉画像石[34]，其上示有一木板，其一端与绳轮相连，另一端放在车架托孔中，此板当即踏板，显然是脚踏纺车的形象。一般认为，脚踏纺车发明于汉当属无疑[38][39]。此脚踏纺车则很可能使用了偏心矩传动。也有学者对此持有不同看法，认为泗洪画像石所绘不甚清楚，并依南宋蔡骥编订的《新编古列女传》插图一“鲁寡陶婴”图，提出了我国脚踏纺车发明于宋的见解[40]。

三、织机技术的发展

此期的机子主要是斜织机、多综多蹑提花机、束综提花机，以及罗织机、立织机等。先秦出现的平纹及其变化，斜纹及其变化，绞经、经二重、纬二重、双层、提花等织物组织和品种，秦汉时皆继续使用，此外还较多地运用了“联合组织”。由于多种织机和组织的使用，便生产出了许多类似于纱、縠、罗、绮、绫、锦等色泽艳丽、图纹华茂的织品，它们不但满足了秦汉社会的大量需要，而且通过丝绸之路，传播到了世界许多地方。

（一）斜织机的普及

我国古代比较完整的斜织机至迟产生于战国时期，秦汉便普遍地使用起来。今日所见汉斜织机画像石约有 10 余块[41]，分别见于山东滕县宏道院、嘉祥县武梁祠、肥城孝堂山郭巨祠、济宁晋阳山慈云寺、江苏沛县留城镇、安徽宿县东汉建宁四年墓[42]、四川成都土桥曾家包东汉墓（图 3－5－4）[43]，以及前述的山东滕县龙阳店、江苏铜山洪楼、泗洪曹庄等。其中尤以泗洪曹庄画像石所示最为具体清晰，织机上挂有经线，踏木横置，前方有横撑装置。斜织机的基本特点是：经面与水平面呈一倾角，有一牢固的机座，有经轴、布轴、分经木和综片，织机下有二片脚踏板（蹑）用来提综、开口、投梭[44][45]。其优点是：因经面腾空，不易受到尘土等的污染；织工坐于织机上，可一目了然地看到开口后经面是否平整，经线有无断头，并能用经纱导辊和织口卷布导辊绷紧经纱，使经纱张力较为均匀，有利于得到平整而丰满的布面[46]。脚踏板的发明和推广是纺织史上的重大事件。有资料认为，斜织机、平织机的工艺原理和工艺技术，是因丝绸之路的开辟，才陆续传到亚欧诸国的，它在欧洲约出现于公元 6 世纪，13 世纪才广泛使用。

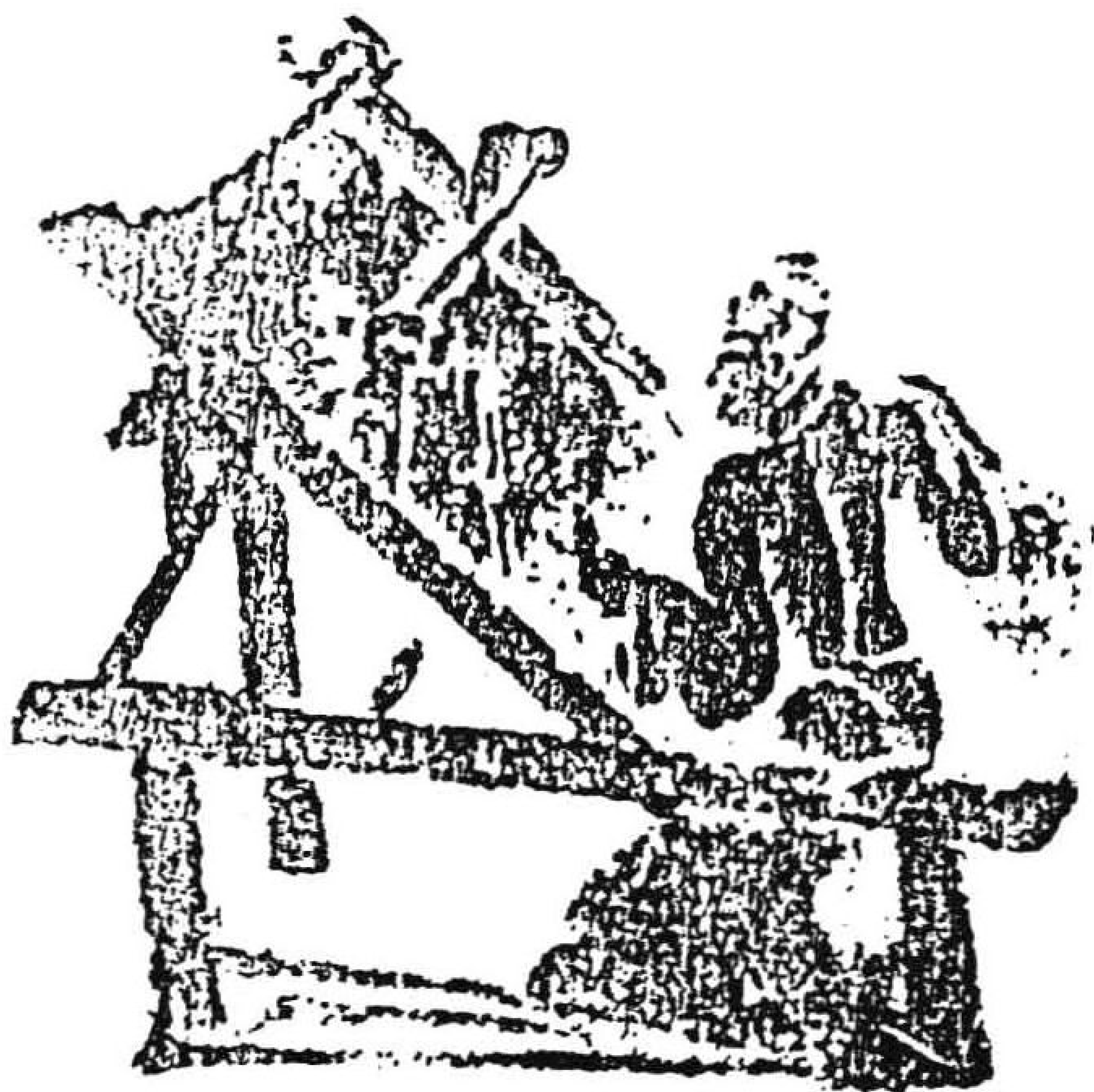
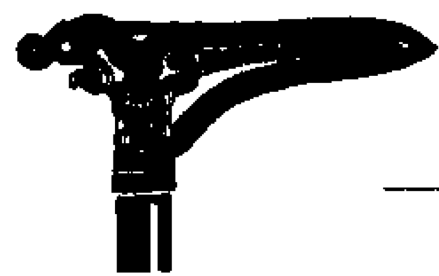


图 3－5－4　成都土桥曾家包汉画像石（局部）上的斜织机

原图见文献[43]，今转引自文献[7]

（二）多综多蹑提花机的发展

汉画像石所绘斜织机多是单片综双踏杆的素织机，只能织出平纹来，为了适应提花的需要，人们又发明、发展了多种提花装置。其中较为重要的有多综多蹑提花机和束综提花机两种，前者约发明于战国时期，汉代便发展到了相当完善的



阶段[44]。《西京杂记》卷一载：汉宣帝（公元前73～前49年）时，“霍光妻遗淳于衍蒲桃锦二十四匹、散花绫二十五匹，绫出巨鹿陈宝光家，宝光妻传其法……机用一百二十蹑，六十日成一匹，匹直万钱”。此120蹑的织机，有学者认为其有些夸张，实际上是很难实现的，并依《三国志》卷二九“杜夔列传”裴松之“注”，认为汉代使用较多的应是“五十综者五十蹑，六十综者六十蹑”的绫织机。赵翰生在大量民间调查、文献研究的基础上，进行了精心计算，对开口机构作了较好的解析，最后认为《西京杂记》所载是可信，且可行的。历史上应出现过120蹑的织机，但需2个人联手操作，工效较低[47]。

织机上有五大较为重要的运动，即开口、引纬、打纬、卷经、送经，其中开口最为关键。原始腰机是使用手提综片之法来实现开口的，斜织机则用脚踏方式开口，多综多蹑机则是脚踏开口机构与多综提花的结合。斜织机使用了杠杆原理，用脚踏的方式带动穿经线的综绒；当踏动踏板时，被踏板牵动着的绳索就牵拉马头前俯后仰，使综线分层交替升降，形成梭口，以便投梭、引纬和打纬。斜织机、多综多蹑机的发明和推广，都极大地提高了生产率。

（三）束综提花机的发明

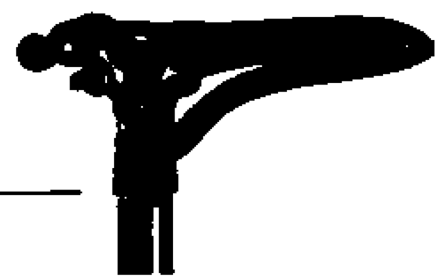
多综多蹑提花机因综片数有限，只能生产一些循环度较小的花纹，那些循环变化较大，组织较为复杂的大型花纹，如花卉、动物图案等，它便难以胜任，于是人们又发明了束综提花机。束综提花机的发明年代应在汉或稍前，《全后汉文》卷五七所载东汉王逸《机妇赋》已有较为形象的描述，有学者认为，这种提花机当已具有经轴、布轴、豁丝木、花楼、衢线、衢脚、提综马头和打纬机件等构件。机架和经面都呈水平状态，束综提花配以单综进行织造；束综通过花楼控制花部经丝的提沉，单综通过脚踏板控制，配上豁丝木就能织出平纹组织。汉锦的地组织都是平纹的，说明其多用束综提花机织出。从汉绒圈锦的分析研究可知，起绒圈的经丝与不起绒圈的经丝对送经量的要求是相差很大的，需另一经轴进行控制，这也说明束综提花机上已使用了双经轴装置[44]。由片综提花发展为束综提花，是一次大的飞跃，它提高了花机工作能力，为花纹大型化、艺术化开辟了广阔的道路。

（四）花楼提花机的使用

花楼提花始于何时，学术界长期存在不同看法。最新研究认为，其应在汉，及至战国便已出现，这不但有众多的考古实物为证，而且东汉王逸《机妇赋》等文献也提供了重要的依据[48][49]。

《机妇赋》中有这样一段文字：“胜复回转，刻象乾形。大庭淡泊，拟则川平。先为日月，盖取昭明。三转列布，上法台星。两骥齐首，俨若将征。方圆绮错，极妙穷奇。兔耳跧伏，若安若危。猛犬相守，窜身匿蹄。高楼双峙，以临清池。游鱼衔饵，瀺灂其陂。鹿卢并趍，纤缴俱垂。宛如星图，屈膝推移。”① 其中最值

① 王逸《机妇赋》，在《全后汉文》卷五七、《太平御览》卷八二五等均有引载，文字稍有出入。《太平御览》的不同版本，如“四库”本、中华书局本等的文字亦稍有出入，今引自中华书局本。刻象、大庭、先为、两骥、方圆、以临、俱垂、屈膝，《全后汉文》分别作克像、大�、光为、两冀、方员、下临、俱重、屈伸。《全后汉文》引录的文字、句子稍多。



得关注的是后半段。今且作一分析。

“高楼”两句：此“高楼”，显然是指织机的上层机构，它与《梓人遗制》中的“楼子”，《天工开物》卷二的“隆起花楼”，《豳风广义》中“提花高楼”的含义应是相类似的；它绝不是一般意义的小型织机。“以临清池”当是拽花工坐在机楼上俯瞰经面的形象描述。

“游鱼”两句：是承接“高楼”两句而来的。“游鱼”，当喻衢脚；“游鱼衔饵”，当指纤线与衢脚相连的情况。“瀺灂其陂”当是形容拽花工一次次提起手中的提花纤线，使“游鱼”在水中出没的情况。此有纤和衢脚，说明这是一种束综式提花机，其提花纤可单独运动，不应是多综多蹑式提花机。这一点前面亦已提到。

“鹿卢”两句：鹿卢，常作辘轳；《梓人遗制》称为“文轴子”；是花楼上极为重要的部件，可随提纤线而滚动；依纤线运动情况，其或作上下，或前后运动。

“宛如”两句：星图，当指纤上的花本。纤线平展在拽工前面，花本纬花就直接穿插在纤线中，星星点点，时隐时现，犹如星图一般。屈伸推移，形容花本的提拽拉动。每提拽一次，就移动一根花本纬线，星图也逐渐推移转动。花本的出现，是花楼机的一个重要标志，它使纹样的讯息得以贮存，并反复使用[49]。

此花楼提花机虽处早期发展阶段，但据推测，机高当在3.5米以上，否则纤中花本是不便操作的；机身长亦应在3.5米以上；机身宽度一般不受限制，从机楼需坐人的角度分析，以1米左右较为稳固[49]。

从实物考察来看，长沙马王堆西汉墓、江陵马山1号战国楚墓等都出土了许多花楼提花机的提花织物，其中又以马山楚墓的“舞人动物纹锦”最具研究价值。其通幅锦面上有4个山形图案框架，内填各种纹样。值得注意的是：左边约5厘米处有个明显的断纹，使山形斜边从中断开，接章纹样不在一条斜纹上，内填纹饰亦无法对映，整个错位，而此明显的错误在整幅织物中不断重复出现，说明此错误早已存在于花本之中，若无花本的话，这种错误肯定会在下一纹样循环中改正过来的[49]。

（五）罗织机和立式毛织机

罗织物约出现于仰韶文化中、晚期，战国时期便有了相应的名称。战国时期出现了四经绞素罗，秦汉时还出现了以四经绞罗为地，两经绞起花的菱纹罗。这些罗织物都是主要依靠罗织机的开口次序和织造工艺上的差别来形成不同罗纹效果的。1972年，长沙马王堆1号汉墓便曾出土有四经绞素罗和杯形菱纹花罗[45][50]。

立式毛织机是经纱面与地面垂直的毛织机，约发明于汉，主要用于地毯、挂毯、绒毯等类毛织物。1959年新疆民丰尼雅遗址出土有汉代毛织彩色地毯，残长30厘米、宽21厘米，表面用橙黄、米红、翠绿等色线起绒，毛线粗壮，地毯丰厚，花纹历历在目，有学者认为其即由立式毛织机织成，据说该遗址还出土过用于地毯打纬的木掌[51]。这种立式毛织机构造较为简单，经轴置于高处，经线分成两片，分别穿综。依花纹要求标出色线位置，以彩色毛线作纬，依花纹织出绒纬[51]。

往昔有学者将这种立式毛织机与唐代之后出现的棉、丝立织机混为一种织机类型，赵承泽先生函告云：此事值得商榷。因不管是织机结构还是产品档次，它们都存在较大差别，最好是将之区别开来。为此，今将这种织制毛制品的立式设备称之为“立式毛织机”，使之与唐至明代的棉、丝用“立织机”区别开来。

（六）梭和筘的发展

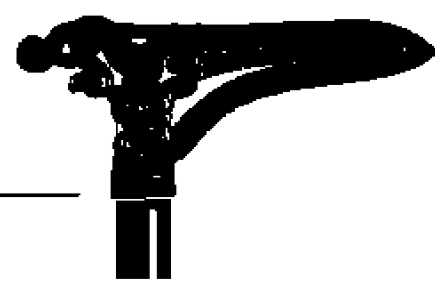
此二者分别为引纬和打纬工具。梭当有织网梭和织布梭等种，前者出现较早，今见新石器时代的骨梭当多属这一类型；布梭约发明西汉时期，当由刀杼演变而来，其始或亦称之为杼[50]。今见最早的布梭图像属于汉，最早实物属三国时期，皆显示了一定水平。筘约发明于先秦时期，汉代之后，打纬功能便突显出来[50]。

泗洪曹庄东汉画像石（图3－5－2）织机图反映的是“谗言三至，慈母投杼”的故事，图中拱手而跪者系曾参，其右前方十分清楚地放着1个两头尖、中间空的梭子和1个纡子。1973～1974年，甘肃居延肩水金关遗址曾出土1件网梭，遗址年代为西汉武帝至新莽[52]，形态与布梭相近。1978年，安徽南陵麻桥东吴墓出土织布梭1件，枣核形，中间有一个长12.8厘米、宽2.6厘米的小槽，其侧有一小圆孔，供穿纬线之用，梭长31.6厘米、宽3.1厘米，外形与后世织布梭基本一致。伴出物有纺锭1件、线板4件等[36]。杼兼有引纬和打纬两种功能，梭则是专司引纬的。由这些图像和实物来看，将布梭的发明期推至西汉或稍早，都是可以的。

“梭”字出来稍晚。《说文解字》尚无“梭”字，只有“杼”字：“杼，机持纬者。”清段玉裁注：“椦梭，皆俗字。”稍后，“梭”字便常见于各种文献了。《晋书》卷四九“谢鲲传”：“隣家高氏女有美色，鲲赏挑之，女投梭折其两齿。”在字书中，“梭”字始见于《玉篇》：“梭，织具也。”虽后人曾对此书增字，此“梭”字当是梁顾野王原字。

筘当有三大功能，即疏经、定幅和打纬。初始当主要是前两项，第三项则不是十分突出。当引纬之事主要由梭承担后，筘的打纬功能便逐渐显示出来。但此功能究竟是何时突显出来的，从考古实物、文献记载中都很难得到肯定的答案，这只能估计，大体上是汉代的事。

古无“筘”字，汉代又称之为“杼”。汉末刘熙《释名·释采帛》载：“笭辟，经丝贯杼中，一间并、一间疏。疏者笭笭然，并者历辟而密也。”意即经丝穿（贯）于筘（杼）齿中间，使经丝的排列一齿疏一齿密，或几齿疏、几齿密。疏处有空隙，密处则经丝密接，于是织物表面就形成了疏密的条状纹路。若非竹筘排列经纱，不在同一筘齿间穿入几根经纱，此种疏密效果是很难得到的。此主要强调了筘的疏经效果，而未言及定幅和打纬。泗洪曹庄东汉画像石（图3－5－2）中，曾母右手把握的织机部件应即是筘[46]。这种筘当皆具备了一定的打纬功能，但是否能取代打纬刀，则很难由此作出判断。我们认为，由杼刀打纬到筘打纬，这一过程应是逐渐完成的，中间很可能还有一个两者兼用的阶段。直至20世纪50年代时，民间斜织机虽主要使用筘打纬，但仍辅以刀打纬的。宋明又谓“筘”为“簆”，《广韵》、《集韵》释之织具；明代《字彙》仍无“筘”字，亦释“簆”为织具；明末宋应星《天工开物》卷二“乃服·穿经”条仍写作“簆”字。《康熙



字典》中已有“筘”字，看来，“筘”字可能是明清之后才流行开的①。

由于梭和筘的使用，织造过程就形成了脚踏提综开口，一手投梭，一手持筘打纬的完整体系，这种织机一直沿用到了近现代，在织造平纹织物时，显示了很高的功效。

四、漂练和印染技术

秦汉时期，练、染、印技术都有了进一步发展。官府曾设官专门管理练染之事，《三辅黄图》卷三载：未央宫有“暴室，主掖庭织作练染之署。谓之暴室，取晒为名耳”。暴室，西汉时疑属织室令[53]，东汉则在平准令。《后汉书》卷三六“百官志”在谈到大司农属官时说：“平准令，六百石。本注云：掌知物贾，主练染作采色。”这是宫廷的情况。此时，漂练印染也已纳入了寻常百姓的生活日程。崔寔《四民月令·八月》：“凉风戒寒，趣练缣帛，染采色。”[5]

（一）漂练技术的发展

文献上关于此期丝帛的记载不是太多，但西汉班婕妤《捣素赋》却很值得注意。其云：“于是投香杵，叩玖砧，择鸾声，争凤音；梧音虚而调远，桂由贞而响沉……”[54]此“捣”亦是一种练。此期的漂练工艺大约是在继续沿用先秦发明的草木灰沤练法和水漂日晒法等的同时，再结合砧杵捣练，从而提高了丝帛脱胶效果，缩短了脱胶时间。有学者分析过一件四川永兴汉墓出土的染色绢，其丝便是经过了精练，即碱剂处理的熟丝[55]。

（二）着色剂的发展

此期的着色剂以植物性染料为主，先秦使用过的茜草、靛蓝、荩草、紫草、皂斗等皆继续沿用，同时还使用了栀子(黄色)，很可能还使用了红花(染红)等染料。

栀。秦汉之后广泛使用。直接浸染时，可染得鲜艳的黄色，用不同的媒染剂媒染时，可得到嫩黄（铜剂）、暗黄（铁剂）等色。《史记》卷一二九“货殖列传”载：“若千亩卮茜，千畦姜韭，此其人皆与千户侯等。”此“卮”或即栀。梁陶弘景云：栀，“处处有，亦两三种，小异，以七棱者为良。经霜乃取之，今皆入染用”[56]。

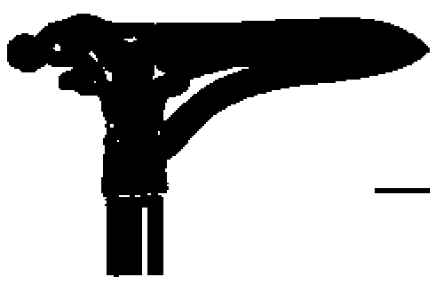
染色时先用冷水浸泡黄栀子，之后煮沸，就可得到黄色染液。马王堆1号汉墓出土的部分黄色丝绸和绣花制品含有黄酮类物质，应是用栀子染料，经直接浸染或媒染染色而成[57]。直到20世纪40年代，民间不少地方还在使用。

红花。据说是张骞从西域带回的。晋张华《博物志》云：“张骞得种于西域，今魏地亦种之。”[58]一般认为红花原产于埃及，先传到我国西北，之后再传入中原[59]。大约魏晋时期，便较普遍地使用起来。

茜草。经分析，四川永兴汉墓染色绢即是用茜草染成红色的，且用金属盐作媒染剂，但此金属盐的具体种类则不太明白。因其单根丝纤维表面的色彩十分均匀，相邻纤维间未见任何色差，故人们推定其系先染后织[55]。

---

① 《康熙字典》：“〈字彙补〉：‘丘遘切，音叩，布筘也。’金仁山〈论麻冕〉云：‘三十升布则为筘一千二百目。’”今查，《续修四库全书》本《字彙补》不见“筘”字。宜再查。



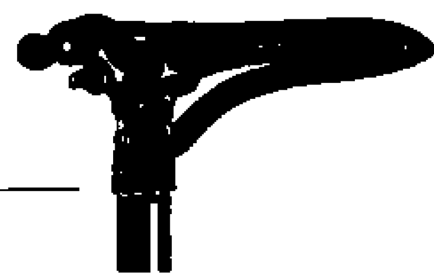
（三）染色技术的发展

此期的染色方法仍主要是直接浸染和媒染。《说文解字》云:“縓，帛赤黄色也，一染谓之縓，再染谓之赪，三染谓之纁。”这是援引《尔雅》中的话，自然，汉代依然沿用多次浸染的工艺。

经过了染色的织物，绚丽多姿，五彩缤纷。汉史游《急就篇》卷二有一段十分精彩的描述:“郁金半见缃白勬，缥綟绿纨皂紫硟；烝栗绢绀缙红燃，青绮绫縠靡润鲜；绨络缣练素帛蝉，绛缇絓紬丝絮绵。”唐颜师古对其中的色彩和纺织品都作过很好的注释。对颜色的注释是这样的:“郁金，染黄也；缃，浅黄也”。“白勬，谓白素之精者”。“缥青，白色也。綟，苍艾色也”。“绿，青黄色也。纨皂，黑色。紫，青赤也”。“烝，栗黄色，若烝熟之栗也”。“绀，青而赤色也。缙，浅赤色也。红色，赤而白也。燃者，红色之尤深，言若火之然也”。有人曾对此依色谱作过分类排列，达20种之多。马王堆汉墓出土的染色丝织物和绣线的颜色，大约便有20余种，即朱红、深红、茜红、深棕、金棕、浅棕、深黄、金黄、浅黄、天青、藏青、蓝黑、浅蓝、紫绿、黑、银灰、粉白、棕灰、黑灰等[60]。这当然不是汉代染色技术的全部色谱。据查，东汉《说文解字》所列织物色彩的名称和专用字达39种（包括白色在内），分别是：（1）红色类：红（赤白）、纁（浅绛）、绯（赤）、纂（似组而赤）、绌（绛）、绾（绛）、绛（大赤）、绪（赤）、缙（浅赤）、袾（纯赤）。（2）橙色类：缇（丹黄）、縓（赤黄）。（3）黄色类：绢（麦稍色）、缃（浅黄色）。（4）绿色类：绿（青黄色）、绑（苍艾色）、綟（綟草染色）。（5）青色类：缥（青白色）、绩（青经缥纬）、繐（青色）。（6）蓝色类：緺（紫青）。（7）紫（赤青）、绀（青而赤）、缲（青而赤）、缬（青赤色）。（8）黑色类：缁（黑）、纔（微黑）、缬（骓色）。（9）白色类：勬（白缟色）、纨（白素）、缚（白鲜色）、紑（白鲜色）、绥（白鲜色）。（10）其他色类：缟（鲜色）、素（白致缯）、繻（缯彩色）、縟（繁彩色）、纶（青丝绶）、绶（绛线）[61]。种类如此之多，分得如此之细，在古代技术条件下，实在难能可贵。

此期织物染色虽然较多，但在相当长一个历史时期内，我国的大众衣着，主要还是黑色、蓝色、白色，以及褐色、棕色等。汉代尚黑。《汉书》卷四八载贾谊陈政事疏:“且帝之身，自衣皂绨，而富民墙屋被文绣。”师古曰:“绨，厚缯也。”此说皇帝自衣较厚的黑色丝织物。《汉书》卷七八“肖望之传”:“备皂衣二十余年”师古注引如淳注曰:“虽有五时服，至朝皆著皂衣。”《汉书》卷八五“谷永传”:“擢之皂衣之吏。”此说官吏着黑衣。

在此顺带提一下“染杯”、“染炉”的问题。这类器物在文献著录和考古发掘中都可看到。学术界对它的命名和用途是存在不同看法的。史树青认为它是汉代贵族家庭纺织作坊的一种染具。主要依据资料有三：（1）容庚《秦汉金文录》卷四著录有染炉、染杯各一具。染炉铭为:“平安侯家染炉第十重六斤三两。”染杯铭为:“史侯家铜染杯第四重一斤十四两。”（2）《山东文物选集》（1959年）录有山东昌邑汉代铜薰炉的形象，炉高12.7厘米、长16厘米。（3）1957年，河南陕县后川西汉墓出土染炉、染杯各1件，原发掘报告称之为“置有耳杯的方形温炉”。史树青认为，这些都应是“染丝的染炉和染杯，体积并不甚大”，“并不能适用于



大规模的染色，而只能在贵族的家庭手工业中使用"[62]。黄盛璋则另持一说，其作了大量考证后认为[63]：（1）自宋吕大临，至20世纪30年代容庚，人们对这类器物是用途不明、命名纷歧的。吕大临《考古图》曾名之为"有柄温炉"，"以火温汤煮酒杯者也。"并定之为汉器[64]。容庚《秦汉金文录》卷四亦认为其用途不详，但又怀疑它是染丝用器。1962年，史树青才正式将之定成了染丝用具。（2）此"染杯"实际上是沾染佐料的饮食器，"染炉"则是因染食而得名的，二者皆非织物染色之具[63]。染食法在中国起源甚早，战国便已通行。《仪礼・公食大夫礼》："宾升席，坐，取韭菹以辩，擩于醢，上豆之间祭。"郑玄注："擩犹染也。"又，《仪礼・特牲馈食礼》："右取菹擩于醢，祭于豆间。"郑玄注："擩醢者，染于醢。"贾公彦疏亦重复了郑注："擩醢者，染于醢。"[65]擩、擩相通，皆古字，染则为汉代通行的假借字。故染则指蘸盐、酱等佐料[63]。从字面上看，两说皆有一定道理，一时很难定论。但这些"染杯"和"染炉"实在太小，平安侯家染炉高才13.2厘米、长17.6厘米；"史侯家铜染杯"合今一斤左右[66]，不管是媒染、多次浸染，还是试验性染色，都是很难作为织物染具的。若说"染杯"系作提取、存放色素用具，则"染炉"便难解释，提取、存放色素时都未必需要加热的，故我们还是倾向于染食具之说。

（四）印花技术的发展

我国古代织物着花工艺约包括三种类型：（1）印花，包括凸版印花和凹版印花。（2）镂空型版印花。（3）染花，主要指缬染。印花之中，凸版印花较为习见。汉代使用的主要是凸版直接印花，其首见于我国南方，如南越王墓所见等；镂空型版印花亦有一定发展，有学者认为马王堆汉墓可能使用过镂空型版印花[67]。在印花技术的分类上，今世学者是存在不同看法的，有人把所有的着花工艺都称之为"印花"[68]，也有学者将我国古代着花工艺分成了两类，即型版印花和缬染染花[69]，我们认为从工艺形式上，还是分三种为宜。因不管凸版印花还是凹版印花，都有印版，操作法是将着色剂涂于印板上，再将印板按到织物上而着花的；镂空型版印花则是用型版将布夹住，将色料刷于镂空孔洞内而着花的，名之为"染"，其实是"涂刷"；缬染则通常是将织物的某些部分加以掩盖，之后整个织物浸于染液中而着花的。其一部分为"染"，另一部分实属"防染"，这种操作与印花是存在不少差别的。

我国古代织物型版印花约始于春秋战国时期，主要依据是江西贵溪崖墓出土的印花织物[70][71]，但部分学者对此存有疑义。目前为学术界公认的印花织物属汉，计约两起：一是广州南越王墓出土的两件青铜质印花凸版和部分印花丝织物[72]，二是长沙马王堆1号汉墓出土的金银色印花方孔纱3件，本体呈深灰色，其上布满均匀纤细的银白色线条，以及一些金色小点构成的印花图案。南越王墓印花凸版中，一块保存较好，形体呈扁薄板状，正面花纹近似于松树形，有旋曲的火焰状纹。纹线凸起，大部分十分薄锐。印版厚度多数仅及0.15毫米左右，并有磨损和使用过的痕迹，唯下端柄部的纹线处厚达1.0毫米左右。印版全长57厘米、宽41毫米。同墓还出土一些印有白色火焰纹的丝织品，其花纹形态与松树形印花凸版适相吻合。马王堆1号汉墓出土一种金银色印花纱，其图案与南越王墓印

花版图案亦十分相似。据研究，马王堆1号墓的印花织物是用三套印花版，即定位纹版、主面纹版、小圆点纹版，依次套印而成的[73][74][75]。具体操作约三步：先用银白色颜料印出“个”字形网络，即所谓龟背骨架，然后在网络内套印出银灰色曲线组成的花纹，最后套印金色小圆点纹（图3－5－5）。工艺精巧，色浆细腻而淳厚，有良好的覆盖性能。我国古代型版印花的浆料大部分是矿物颜料。马王堆1号汉墓所出金银色印花纱，是我国今日所见较早的印金织物，只可惜其中的黄金不知是否作过成分分析。



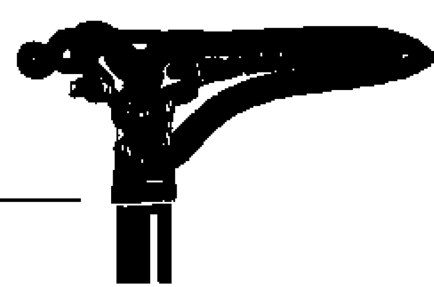
图3－5－5　马王堆1号汉墓金银色印花图案及其工艺示意图
左1：银灰色分格纹　　左2：灰褐色主面纹
左3：金黄色圆点纹　　左4：套印后的图案（单元图案）
采自文献[73]

（五）染花技术的发展

此染花主要指缬染，或叫染缬，又包括蜡缬（蜡染）、夹缬、绞缬、灰缬（碱剂印花）等种。我国古代最早使用的染缬大约是蜡缬和夹缬，其始见于汉，绞缬始见于东晋，灰缬始见于唐。汉代使用的主要是蜡缬。

夹缬。高承《事物纪原》卷一〇“缬”条载：“缬，事始曰夹缬。彻子造《二仪实录》曰：‘秦汉间有之，不知何人造。陈梁间贵贱通服之。’”[76]我们认为此说大体是可信的。看来在各种缬类织物中，夹缬当是最早的。有关夹缬的实物则始见于北朝时期（后面再谈）。

蜡染（蜡缬）。从传统工艺看，其操作要点是：以“蜡刀”作笔，蘸取蜡液后，在平整光洁的织物上描绘出各式图样。“蜡刀”由两件或多件铜片组成，用作勾画线条，以竹签辅助点蜡。画蜡中可掺入少量松脂。蜡绘经干燥后，投入靛蓝溶液中进行防染，再用沸水去蜡，即可获得蓝地白花的蜡染织物。1959年，新疆民丰尼雅东汉墓葬出土两块蓝色印白花布（图版拾伍，1），其中一块饰斜交三角形纹，并以线纹和锯齿纹为边框，框内有同心圆纹和圆珠点纹；另一块上印有龙、狮，以及佛像。质地匀密、色泽和谐，精巧细致，是为蜡染花布[21][75][77]。技术已相当成熟，说明它已走过了一段相当长的发展历程。另据报道，四川峡江风箱峡崖墓还发现过战国、秦汉时期粗细不等的麻织品，图案系蜡印团花或菱形花纹[78]。若此属实时，那便是我国今见最早的蜡染资料。



也有学者对新疆东汉蜡染技术表示怀疑，认为该蜡染棉布的断代、产地、工艺都值得怀疑，并认为我国蜡染起源于西南地区[79]。这可以进一步研究。

五、丰富的丝织品

秦汉纺织品主要有丝、麻、棉三种，尤以丝织品的技术水平最高。

汉代将丝织品总名为“帛”、“缯”或“缯帛”，犹今泛称丝织物为“丝绸”然[45]。《说文解字》:“缯，帛也。”“帛，缯也。”汉史游《急就篇》卷二唐颜师古注:“缯者，帛之总名，谓以丝织者也。”“帛，总名诸缯也。”

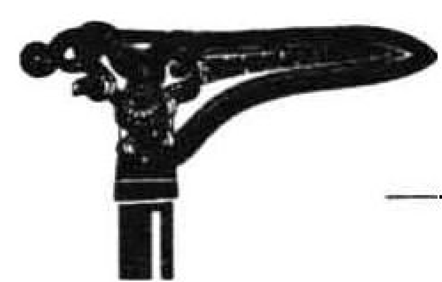
依原料之精粗，以及织染技法之不同，又可分为锦、绫、绮、罗、纱、缣、缟、纨、绨、縠、紬、缦、綮、素、练、绢、织成等品名①。《说文解字》、《释名·释采帛》等都曾对这些品名作过一一的解释。如绮为文缯，纨为素缯，绨为厚缯，素为白缯等。葛、麻、毛织物也有许多品名，大凡现今所有的织物品种，汉代多已出现。从文献记载看，汉代织物以“锦、绣、绮、縠、絺、苎、罽”七者最为名贵，西汉初年时，曾明文规定商贾不得穿着。《汉书·高祖纪》卷下:“贾人毋得衣锦绣绮縠絺纻罽。”前四者为丝织品，后三者分别为高级葛布、苎麻布和毛织物。其中的罽为西北少数民族所创，至迟汉代便已传入中原，《说文解字》云:“罽，西胡毛布也。”

在考古发掘中，长沙马王堆、江陵凤凰山、河北满城汉墓，以及新疆民丰等地都发现过大宗汉代织物。马王堆1号汉墓所出织物保存得异常完好，除10多件单、夹、绵衣，以及香囊、巾袱、手套等外，还有46卷单幅的绢、纱、绮、罗、锦、绣等织物。下面仅介绍一下绢、锦、绣、绮四种织物。

绢。平纹，始见于新石器时代，汉代考古发掘的丝织物中所见最多。汉刘熙《释名·释采帛》:“绢，絙也，其丝絙厚而疎也。”马王堆1号墓46卷单幅丝织品中，有绢22幅，占总数的47.8%。但细绢较少。满城汉墓出土有一种细绢，每平方厘米达200根×90根[80]；甘肃武威磨嘴子48号汉墓出土一种粗绢，每平方厘米仅及44根×18根[81]，粗细相差5倍。

锦。一种多彩织物，始见于西周早期，亦是汉代织物最高水平的反映。人们对锦的评价亦极高，《释名·释采帛》云:“锦，金也，作之用功重，其价如金。”汉锦都是经线起花的平纹重经组织，由两个或两个以上系统的经线和一个系统的纬线重叠交织而成。经线中一个系统为地经，其余为花经。纬线依其作用，又可分为起平纹点的交织纬和起斜纹点的花纹纬，利用花纹纬将地经与花经分隔开来。1972年，长沙马王堆1号汉墓出土不少保存完好的锦，若从花纹和织法等显花效果上分类，其中便有平面显花的绀地绛红鸣鸟纹锦，香色地红茱萸纹锦，有凸纹呈立体感的凸花纹锦，以及若隐若现的隐花波纹孔雀锦、隐花花卉八角星形纹锦等。其中又以N6－3凸花锦最为复杂，其实物经密为156根/厘米、纬密为46根/厘米，外表似有近于凸纹效果的绒线圈，若无较好的提花机，这是很难织造出来的[82]。新疆民丰尼雅墓葬出土有“万世如意”汉隶铭文锦（彩版陆，1），经纬

① 对丝绸的命名，历代并不十分规范。1960年，国家统一和规范为14大类，即：纱、罗、绫、绢、纺、绡、绉、锦、缎、葛、绨、呢、绒、绸。这与汉代分类法是有差别的。



密分别为168根/厘米和75根/厘米，用经二重组织，分组分区显花[83][84]。1995年尼雅遗址发掘出大量精美的汉代丝绸，其织工精细，色彩斑斓，甚为罕见。尤其值得注意的是其中一块织锦护膊，长18.5厘米，宽12.5厘米，经密220根/厘米，纬密24根/厘米，经向花循环7.4厘米。其蓝地上用白、绿、蓝、红、黄五色织出云气纹、鸟兽纹、辟邪，以及代表日月的红白圆圈，图案上下各有白色汉字隶书文字"五星出东方利中国"一行，计16字，令人叹为观止[85]。

绣。其始见于商[86]，汉时有了较大发展。汉绣与汉锦齐名，二者是经常并称的，皆被视为珍贵之品。张衡《四愁诗》:"美人赠我锦绣缎，何以报之青玉案。"《后汉书》卷一〇上夸奖邓皇后节俭，"止画工三十九种，又御府尚方织室锦绣冰纨绮縠……皆绝不作"。两汉时期，锦的主要产地是襄邑，刺绣则是齐郡。王充《论衡·程材篇》说:"齐都世刺绣，恒女无不能；襄邑俗织锦，钝妇无不巧。"目前在新疆民丰尼雅遗址[14][83]，以及罗布卓尔、诺音乌拉、帕尔米拉和甘肃武威等汉墓，都出土过汉绣。刺绣之针法多至数十种，尼雅出土过好几种汉绣，花纹异常精美，都是在单色细绢上用锁绣法绣出花纹的。巴泽雷克（东周）和长沙楚墓（春秋）标本所用亦为锁绣法；殷代菱纹绣、诺音乌拉汉代花卉绣，则属平绣法[86]。马王堆1号墓出土数十件刺绣品，基本上都是锁绣法，有开口锁绣和闭口锁绣两种操作。其"信期绣"计19件，7件的坯料为绢，12件坯料为罗；"长寿绣"7件（彩版陆，2），坯料皆为绢；"乘云绣"7件，其坯料3件为绮、4件为绢。皆针法细腻流畅、图文秀美高雅，艺术价值较高[87]。

绮。纹绮是一组经丝与纬丝交织的单色、素地、生织、炼染的提花织物，为平地起斜纹花的织物，质地松软、光泽柔和，色调匀称。始见于商，汉时有了较大发展，如前所云，绮是汉代一种较为高贵、贾人不得服用的丝织品。《汉书》"高帝纪下"唐颜师古注:"绮，文缯也，即今之细绫也。"汉刘熙《释名·释采帛》云:"绮，倚也。其文欹邪不顺经纬纵横也。有杯文，文形似杯也。有长命，其彩色相间，皆横终幅，此之谓也。"长沙马王堆汉墓出土有几何菱形纹绮和对鸟纹绮（图3-5-6）等。其杯形几何纹绮经密为38.5根/厘米，纬密为31根/厘米。纹样主要是由粗细线条相结合而组成杯纹菱形几何图案[88][89]。

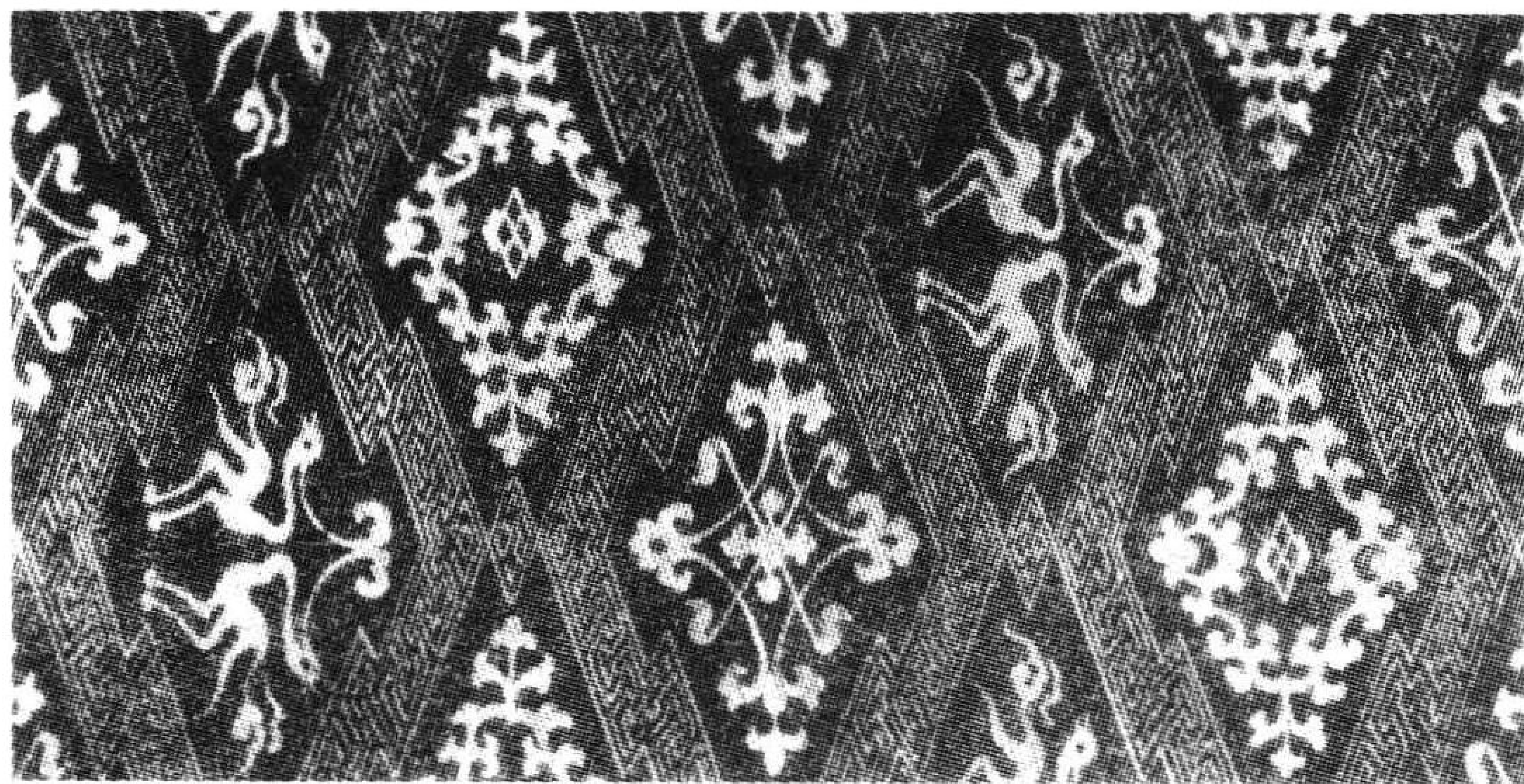
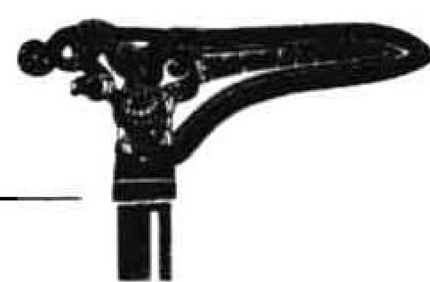


图3-5-6 马王堆汉墓对鸟花绮纹样

采自文献[88]



第六节　造纸技术的发明

纸是植物纤维经过剪切、沤煮、漂洗、舂捣、帘抄、干燥等步骤而交织、络合、固着成的纤维薄片，它的主要社会功能是书写和印刷。

我国古代最初用于抒情、纪事的书写、刻画材料是陶器、龟甲、青铜器、竹木和缣帛一类物料。其中的陶文约始见于新石器时代晚期；甲骨文约盛于殷商①；金文盛于西周，延及春秋战国；竹简和缣帛之用于纪事，大约多见于春秋战国时期，延及秦汉三国。非植物纤维纪事材料的缺点是：书写刻画十分不易，使用和保存也极不方便。早期植物纤维纸约始见于西汉；东汉时期，蔡伦对它作了较大的改良，质量上有了很大提高。造纸技术的发明，是我国劳动人民对世界文化的一项特殊贡献。汉刘熙《释名》卷六“释书契”:“纸，砥也，谓平滑如砥石也。”把植物纤维的交织络合物称之为“纸”，大约是东汉中期之后的事。

一、早期植物纤维纸的出现

（一）见于报道的早期纸和纸状物

我国古代的早期植物纤维纸约始见于西汉时期，目前见于考古报道，原说是属于西汉的早期植物纤维纸或纸状物计有 7 起，它们分别是：

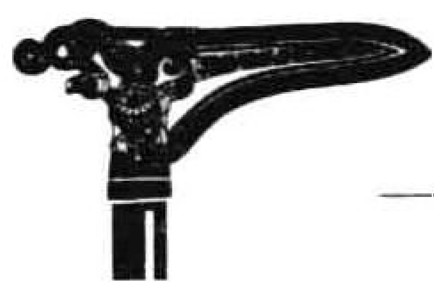
罗布淖尔纸。1933 年黄文弼在新疆罗布淖尔汉代烽燧亭发掘，1 片，麻质，白色，无字，作长方片状，四周不完整，长约 100 毫米，宽约 40 毫米，质甚粗糙，不匀净，纸面尚存麻筋。伴出物有汉宣帝黄龙元年（公元前 49 年）木简等，不见东汉之物[1]。原物已在 20 世纪 30 年代为日本人所毁。

灞桥纸状物。1957 年时，西安市东郊灞桥西汉墓出土过一件叠置于铜镜之下的纸状物，米黄色，伴出物有“半两”钱、三弦纽铜镜、青铜剑等。发掘者依据部分伴出物，认为其年代不会晚于汉武帝元狩五年（公元前 118 年）[2]。



图 3-6-1　居延金关纸组织中的纤维 LM×70
图片承王菊华提供，原出自文献[4][5]

① 据 2003 年的一份统计资料，百余年间，甲骨文出土量约 62 000 片左右，甲骨文单字总数为 3 950 个。见陈炜湛:《关于殷墟甲骨文的两个基本数字》,《中国文物报》2003 年 1 月 3 日，考古版。



居延金关纸。1973、1974 年居延肩水金关遗址出土，计为 2 件[3]。一件与汉宣帝甘露二年（公元前 52 年）木简共存，出土时已揉成一团，展开后最大一块长、宽分别为 21 厘米、19 厘米；颜色白净，细薄均匀；一面较为平整，一面稍起毛，质地坚韧。经鉴定，乃由本色废旧麻絮、绳头、布料等制成。麻质以苎麻为主要成分，纤维有明显的分丝帚化现象，帚化率 30% ~40%，微纤维较长。另一件出土于西汉平帝以前地层，长、宽约分别为 11.5 厘米、9.0 厘米，暗黄色，尚含麻筋、线头和碎布头，结构显得较为稀疏松弛，有学者说它并无舂捣和抄造痕迹，并谓之雏形纸或原始纸（图 3 -6 -1）[4][5]。

扶风中颜纸。1978 年陕西扶风县中颜村西汉窖藏出土。纸片已被揉成团状，填在作为漆器附件的铜泡空隙内。纸呈乳黄色，粘有不少铜锈，麻质，较为粗厚；展平后最大一片长、宽约分别为 7.2 厘米、6.8 厘米，厚约 0.22 ~ 0.24 毫米，其余几块大小不等[6]。经分析，纸上纤维束较多，表面不甚平滑，未经研光处理，个别地方见有未经捣碎的细小绳头，至今仍具有一定机械强度和较好的色泽，纸的结构和纤维形态与居延宣帝纸相似（图 3 -6 -2）[4][5][7]，但纸面可见帘纹[8]。窖藏年代应在汉平帝（公元 1 ~5 年）之前，麻纸的制造年代可能在汉宣帝时[6]。

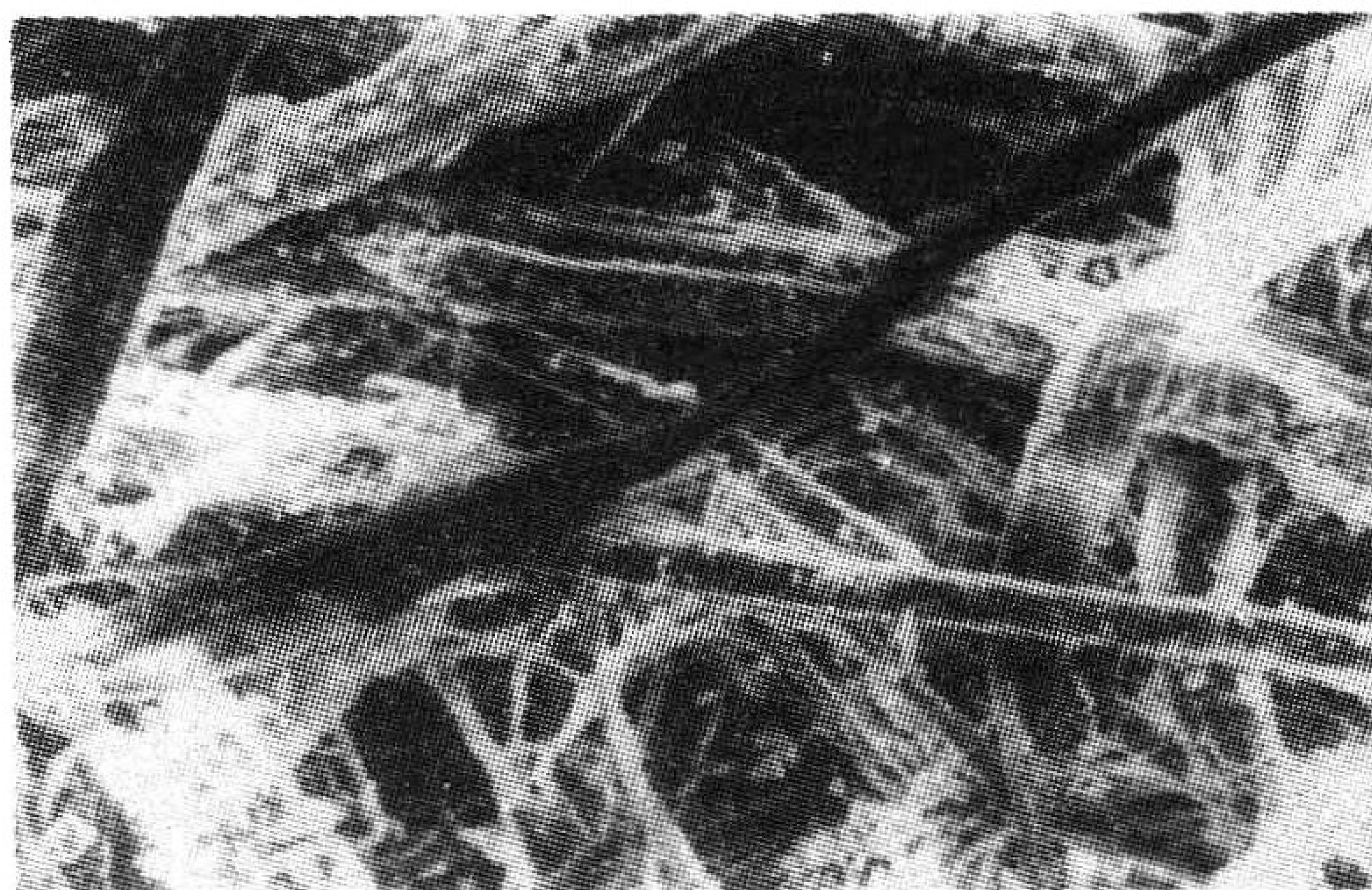
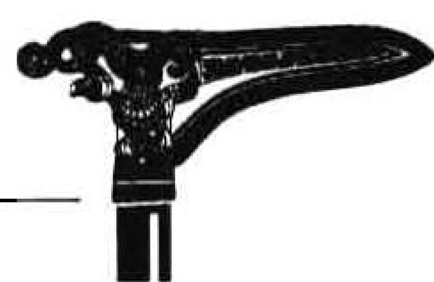


图 3 -6 -2　扶风中颜纸组织中的纤维 SEM ×100
图片承王菊华提供

马圈湾纸。1979 年敦煌马圈湾汉代烽燧遗址出土。计 5 件 8 片，麻质，出土时均已揉皱。最大一件长 32 厘米、宽 20 厘米，色黄，质地粗糙，纤维分布不均。伴出物有汉宣帝元康（公元前 65 ~ 前 61 年）、甘露（公元前 53 ~ 前 50 年）纪年简等。年代较之稍后的有 2 件 4 片，与畜粪堆积在一起，色呈土黄，质地细匀，伴出的纪年简多属成、哀、平帝时期。年代最晚的是 1 件 2 片，白色，质地均匀，发现于烽燧倒塌废土中，应属王莽时期。另有一件属西汉中、晚期，白色，质地细匀，残边露出了麻纤维[9]。经分析，其中第三、四、五件皆制作较好，第四、五件皆作白色，质细，纤维束较少，第四件可见帘纹，第五件打浆较好[8]。

放马滩地图纸状物。1986 年甘肃天水放马滩 5 号汉墓出土一张类似地图的纸状物，残长 5.6 厘米、宽 2.6 厘米。原置于死者胸部，薄而柔软，出土时为不规则的碎片，色黄，今褪色变成了浅灰间黄；表面平整光滑，显示有山脉、河流、道路等纹路。墓葬断代西汉文帝（公元前 179 ~ 前 157 年）、景帝（公元前 156 ~ 前 141 年）时期。有学者称之为地图纸[10][11]，笔者今暂谓之地图纸状物。

悬泉置纸。1990 ~ 1991 年甘肃汉悬泉置遗址出土。数量较大，延续时间也较长，计有两种类型：（1）带字纸，从伴出的简牍和地层看，属西汉武、昭时期的 3 件、宣帝至成帝时期的 4 件，另有东汉初期 2 件，西晋 1 件，计 10 件。3 件武、昭纸为：标本 T0212④:1，长宽 18 厘米 ×12 厘米，正面隶书“付子”；标本 T0212④:2，长



宽12厘米×7厘米，正面隶书“薰力”；标本T0212④:3，长宽3厘米×4厘米，正面隶书“细辛”。所书均为药名。据纸的形状和折叠痕迹，当为包药用纸。宣帝至成帝的4件中，标本T0114③:609，尺寸约7厘米×3.5厘米，为文书残片，形状不规则，黄色间白，质细而薄，有韧性，表面平整光洁，有草书2行：“口持书来口致啬口”[12]~[15]。(2) 不带字的麻纸，依颜色和厚薄划分，有黑色厚纸、黑色薄纸、褐色厚纸、褐色薄纸、白色厚纸、白色薄纸、黄色厚纸、黄色薄纸8种；时间从武、昭，经宣、元、成帝至东汉初年，及至西晋，计460余件。这批古纸皆主要用于书写文书、信件和包裹物品。用于书写者质地较细、较厚，且较光滑，用于包裹者较为粗糙。

这是7批见于考古报道的，说是属于西汉的早期植物纤维纸，或纸状物的基本情况。其中作过科学分析的计有5批，即中颜纸、居延纸、马圈湾纸、悬泉置纸，以及灞桥纸状物。由于各种原因，人们对这些考古发掘物的质地和断代，一直存在不同的看法。

（二）对报道的早期植物纤维纸和纸状物的一些不同观点

由学术界的评述和反映情况来看，除罗布淖尔纸为日本人所毁而不便讨论外，其余6起纸和纸状物，约可分为3种不同的情况：

1. 各派学者已取得基本共识，皆承认其属“植物纤维纸”或“雏形纸”者，计有两起，即居延金关纸和扶风中颜纸。其间的差别是，有学者称之为纸[7]，有学者则称之为雏形纸[4][5]，但大家皆承认其不能用于书写，而只宜于包装。

2. 对其是否属于植物纤维纸尚存不同看法者，亦为两起，即：

灞桥纸状物。有学者称之为纸，并名之为“灞桥纸”，认为虽其表面纤维束较多，交织不均，打浆度较低，但仍不愧为纸[2][16][17]。有学者则认为它不是纸，而是麻絮的积叠物[18][19][20]。两种观点，是非难辨。但我们有两点疑问：(1) 由灞桥纸状物及其组织结构（图版拾陆，1、图3－6－3）看，其纤维束无分丝帚化现象，有的纤维束的外形竟与卷曲的束状马尾毛一般[19]。分丝帚化现象，是纤维曾经打浆与否的重要标志，而打浆是造纸工艺的一项基本操作。若此照片无误的话，要将灞桥纸状物定之为纸，笔者认为是有一定困难的。(2) 据报道，此纸状物出土后被撕裂成了88片，最大一块长宽竟达10厘米，厚约0.14毫米（图版拾陆，2)。若说它不是纸，而是乱麻絮的话，如何能撕得这样多片，且这样薄？隐藏在这两个疑问后的结论，可能是互相矛盾的。

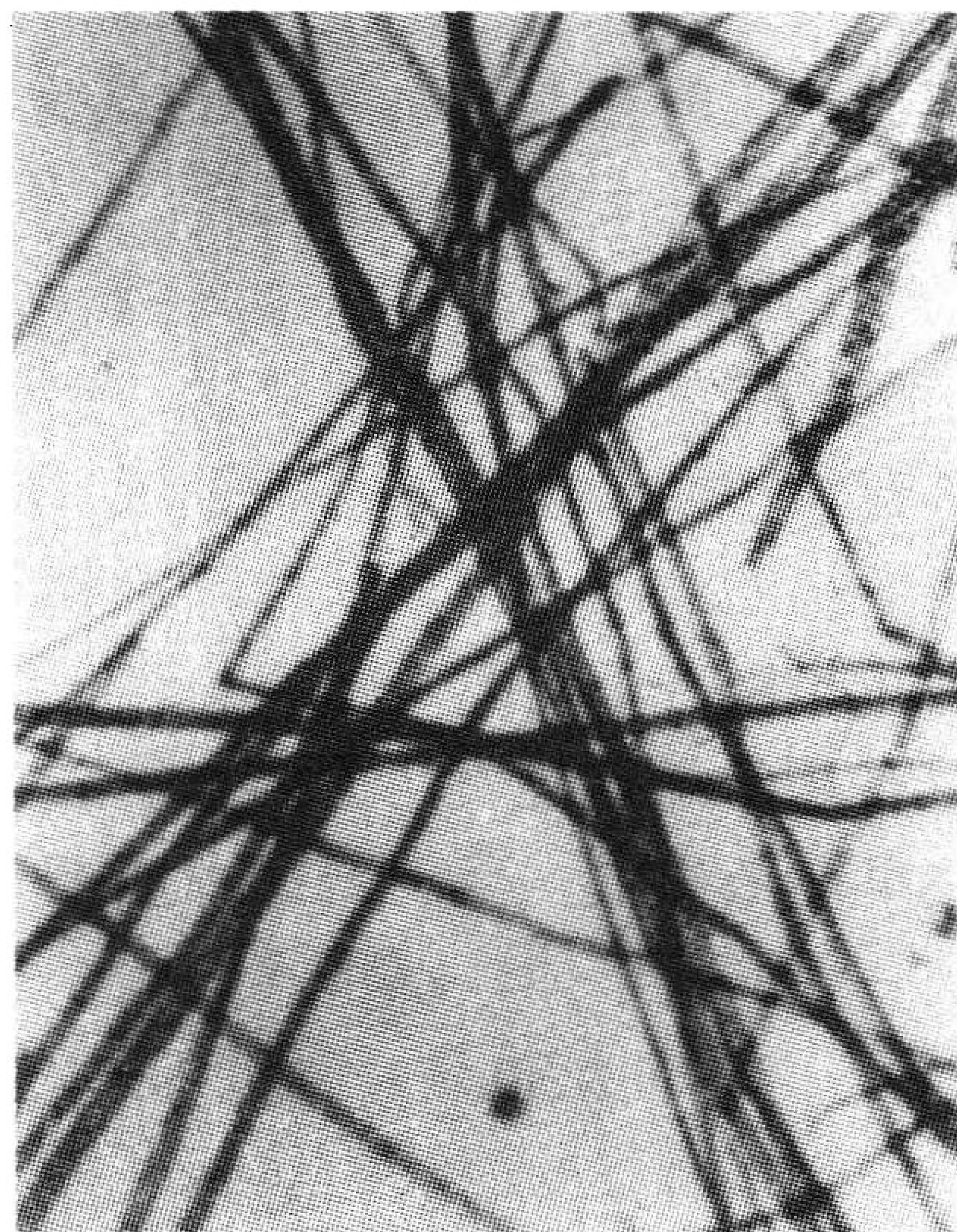
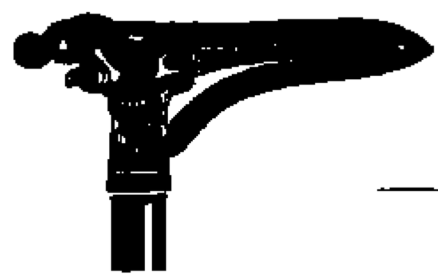


图3－6－3　灞桥纸状物中的无帚化大麻纤维　LM×70

采自文献[19]

放马滩地图纸状物。有学者认为它是人工有意绘制的纸质地图[10][11]。有学者则认为它可能是某种丝麻织物或帛类地图，主



要依据是它明显地呈现出许多经纬交叉的织纹，纹粗约0.3～0.4毫米，平纹，线条均匀。1990年时，国家文物局在故宫博物院举办了一个文物荟萃展，图版拾陆，3、4系有关学者在展室中拍下的照片（局部），两张图中多处都显示有经纬交织纹和平行线纹，箭头所指处尤为明显[19]。我们认为，经过了打浆的植物纤维，其分布应当是淆乱的，此经纬交织纹亦不像抄纸后形成的布纹印痕。看来，要将这种具有较多经纬交织纹的物品定之为纸是有一定困难的。

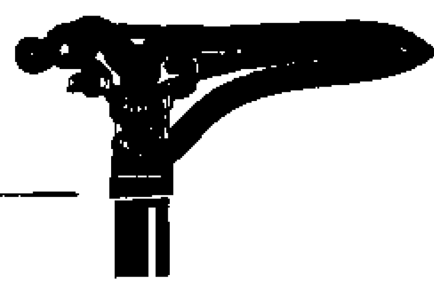
3. 对标本断代尚存不同看法者，亦是两起，即马圈湾纸和悬泉置纸。

对这两起纸的质地，各派学者的看法是一致的，皆认为其属植物纤维纸或早期纸；不同处是：有学者认为其中有的属西汉时期[9][15]，有学者则提出了怀疑，说其晚于西汉。怀疑的理由有三：（1）书法风格，认为马圈湾纸应属东汉或唐代[21]，悬泉置纸应是东汉及至魏晋之物[22]。（2）从工艺上看，认为此二处所有的纸皆应晚于西汉。如1件马圈湾纸样（79. D. M. T9）、1件悬泉置纸样（900XT103③）都显示了竹帘纹，且含有胶质填料，此两件纸样的原断代皆为西汉晚期到新莽；当时是否有了竹帘抄纸和涂布胶质填料这两种工艺，有关学者存有疑虑[5]。（3）认为有的标本断代有误。如1件悬泉置纸样（92DX1216②）为麦草浆，原断代为东汉，但麦草纸的年代当是更晚的[5]。我们认为这三条理由都有一定道理，但是否可以立论，目前尚难肯定，因目前看到的西汉纸标样太少；若有更多断代确凿的可作为标样的西汉纸作为参照，问题就更好分辨一些。

为此，学术界对我国古代造纸技术的发明期，西汉是否有了植物纤维纸，便产生了两种不同的观点：一种认为前述考古发掘的几起古纸或纸状物，不管断代还是质地，原判断都是可信的，皆说明了西汉有纸，并认为我国古代造纸技术发明于西汉时期[8][16]。另一种认为我国造纸技术应是东汉蔡伦发明的，而不是西汉，蔡伦之前并无植物纤维纸[4][5][18][19][20]。

我们的看法是：从金关纸、中颜纸的科学分析看，西汉已有雏形纸、早期纸是可肯定的；但灞桥纸状物、放马滩地图纸状物，目前还很难说它是植物纤维纸；具有竹帘纹和填料的悬泉置纸（900XT103③，原断代西汉晚期至新莽）和涂有填料的马圈湾纸（原断代西汉晚期至新莽）断代是否确凿，则须进一步研究。迄今为止，没有争议的、带字的西汉纸尚未看到。因纸的主要社会功能是书写和印刷，只有具备了此两项功能，才能成为文化的载体，所以今日所见西汉纸，还是暂称之早期纸为宜。至于纸的发明期，依立足点不同，则可有不同说法。若考虑到纸是一种文化载体，则将其定在东汉较为合适；若考虑到事物由低级向高级发展的过程，“早期纸也是一种纸”，则说成西汉也是可以的。

今日所见的西汉的早期纸皆为麻纸，从大量考古实物和文献记载看，唐以前的古纸标本亦多数是麻质的，所以人们推测，早期植物纤维纸的发明很可能与纺织用麻有关。我国麻纺技术在先秦已达较高水平，人们在劈分、绩接麻类纤维时，肯定要残留下一些麻头、乱絮之类；在“织麻为布”、“织丝为帛”、“网丝成茧”、“荐絮为纸”这一思想的启示下，一个偶然机会，人们将劈分得很细的麻絮积压成了薄片，或将许多麻絮捣碎，摊成了一个薄片，经晾干研光后，就可用作包装了，大约这就是纸的前身；再经漫长的探索，最后就演变出了“纸”来。有关情况本



节下面还要谈到。

二、东汉纸的出土情况及其科学分析

今见于考古发掘的东汉纸，计约6起，它们分别是：

额济纳河纸。1942年劳榦、石璋如等在内蒙古额济纳河旁汉烽燧遗址发掘。出土时纸已揉成一团，上有六七行字，纸质粗厚，帘纹模糊，经鉴定为麻纸。该处发现有78枚木牍，多为东汉永元五年（公元93年）至永元七年兵器登记册。有人依《汉书·西羌传》，认为此纸应是东汉永初三四年（109年、110年）汉军撤离时埋入地下的[23][24]。1972年，陈大川拜访了石璋如，对此纸的外部形态和质地作了一些考察：纸呈深褐色，长宽各约10厘米，厚约3毫米，甚不均匀，无法看出帘纹，纤维较短，组织松软，可能属麻纤维[25]。

民丰纸。1959年新疆民丰东汉墓出土，一块已揉成团，大部分已涂成了黑色，长4.2厘米、宽2.9厘米[26]。

旱滩坡纸。1974年甘肃武威旱滩坡东汉晚期墓出土。古纸原成上下3层，贴附于木车模型的车舆和车辕上，已裂成碎片，最大一片长宽均约5厘米，因年久老化故，表面已呈褐色，唯内层有两片呈白色，且仍有一定强度和柔性。文字为隶书，可辨的有“青贝”等字[27]。

悬泉置纸。如上所云，1990～1991年出土、带字者2件，属东汉初期；不带字者若干。其中标本T0111①:469，尺寸为30×32厘米，呈不规则的长方形，黄色间灰，稍见厚而重，质地粗糙、疏松。上有隶书2行:“巨阳大利上缮皂五匹。”[15]

此外，斯坦因在古长城的一个烽燧中，得到过8封用窣利文写在纸上的书信，是粟特商人的私信。经分析，此纸系以麻织物为原料制成，断代公元2世纪中叶[28]。此前，瑞典人斯文·赫定（Sven Hedin）在古楼兰遗址发现过公元3世纪初（东汉晚期）古纸[29]。斯坦因还在敦煌窃得过3张汉代纸写的残卷，断代公元2世纪[30]。

人们对旱滩坡纸先后进行了两次科学分析[4][31]，测知其厚度约为0.07毫米，与今机制原稿纸（40克/米^2）相当，原料为大麻等麻类纤维。纤维帚化程度较高，细胞已遭破坏，大纤维束已经很少看到；纤维交织细匀，纸面紧密，透眼很少。碘氯化锌染色呈黄色和酒红色反应。人们还发现此纸曾进行过单面涂布加工，涂层细平而均匀，涂料中还有一种糊状物。因年代久远，有的涂层与纸基已结合得不太紧密，用小工具便可使之分离。纸基厚度只有0.04毫米，与今20～30克/米^{2}的薄型纸相当。

对这些东汉纸的断代和科学分析，学术界皆未见异议。

三、汉代的造纸工艺

从考古实物的科学分析和传统工艺调查来看[32]，造纸过程大体上可分为六大工序：（1）原料选择和预处理；（2）化学处理；（3）机械舂捣；（4）打浆；（5）抄纸，成型；（6）后期处理。这每一工序自然还要包括多项操作，每一操作的精粗，便反映了造纸技术的发展水平。

（一）原料选择

植物纤维在自然界的蕴藏量是十分丰富的，但并非所有植物都是造纸的最佳原料。

从现代技术观点看，人们对造纸原料的基本要求有二：（1）具有较好的物理性能，主要指纤维长度与宽度之比；（2）具有较好的化学性能，主要指纤维素含量。

造纸用纤维应以细长为佳，长纤维优于短纤维，细纤维优于粗纤维。因机械加工过程中，长纤维被打断后仍然较长，且帚化较好，成型后纤维绞缠较好，组织较为紧密，强度较大；短纤维打断后，就会更短，且帚化较次，成纸后绞缠较少，纸的结构便不甚紧密，强度亦较低。经有关学者测定，我国常用造纸纤维的平均长、宽比（倍数）分别为：苎麻 3 000、大麻 1 000、桑皮 463、楮皮 290、青檀皮 276、黄瑞香皮 222、慈竹 133、毛竹 123、稻草 114、麦秆 102[33][34]。可见麻类纤维的长宽比较大，其次是树皮，再次为竹类，最差是草类，所以草纸最是下品。

人们对纤维素的基本要求是：它的含量要稍高，其他夹杂较低。经有关学者分析，我国常用造纸原料的纤维素含量（重量百分比）分别为：苎麻 82.81%、大麻 69.51%、桑皮 54.81%、青檀皮 40.02%、楮皮 39.08%、毛竹 45.5%、慈竹 44.35%、麦秆 40.4%、稻草 36.2%[35][36]。可见，纤维素含量最高的是麻，其次是树皮，再次为竹类，最次为草类，与纤维长宽比的分布状况大体一致。我国古代从一开始就选用了麻纤维作为造纸用原料，这也是我国古代劳动人民聪明才智的一种反映。

（二）造纸原料的预处理

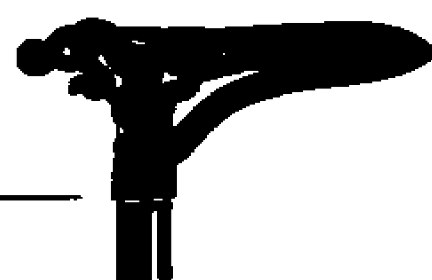
主要包括浸泡、切碎、洗涤。浸泡的目的是使纤维膨润松解，易于剥离，同时亦易于洗涤。我国古代纺织用麻很早就有了浸泡操作，自然要被人们引用到造纸工艺中的。

（三）化学处理

除纤维素外，纤维中还包含有数量不等的灰分、果胶质、木素、蛋白质、半纤维素、色素等，它们对纸的质量都有不同程度的影响。半纤维素会降低纸的机械强度；果胶会使纤维成束，不易帚化；木素不但会极大地降低纸的强度，而且易于氧化而使纸呈现某种颜色。化学处理的基本操作，是用石灰水浸泡蒸煮，以去除各种有害夹杂，便于下一步舂捣，以得到较为纯净、分散的纤维。早在先秦时期，我国就在纺织技术中发明了热水脱胶法和灰水漂湅法，汉后又有了发展，这些技术自然都会应用到造纸技术中来。《诗·周南·葛覃》："葛之覃兮，施于谷中；维叶莫莫，是刈是濩。"濩，郑笺云："煮之也。"孔颖达疏："于是刈取之，于是濩煮之。"此煮即是热水脱胶，这是先秦热水脱胶之证。《考工记·㡛氏》在谈到练帛时说："湅帛以栏为灰，渥淳其帛，实诸泽器，淫之以蜃，清其灰而盝之，而挥之，而沃之，而盝之，而涂之，而宿之，明日沃而盝之。"此"栏"即楝，可见练帛时须先将帛置于楝灰水中浸泡，之后再用蚌壳灰水浸泡，这都是一种碱处理。长沙马王堆 1 号汉墓出土的苎麻布，江陵西汉初年 167 号汉墓出土的大量麻絮，可能都用石灰或草木灰的水溶液进行过处理[37]。显然，居延金关纸所用废旧麻料是经碱液处理过的，否则便不可能达到如此高的白度[38]，中颜纸很可能也得到过碱液蒸煮处理[4]。

（四）机械处理

这主要指切、剉、舂捣一类操作。做法是将浸泡过石灰水的麻料切短并分批



放到石臼中，以作人工舂捣，用机械强力把纤维的细胞壁和纤维束打碎，使纤维细化、帚化；同时亦可净化纤维，使纤维中的有害杂质以及泥土更为迅速、完全地去除。机械处理后一般都要进行洗涤。自然，居延宣帝纸若不进行长时间的机械处理，其纤维是不可能那样柔软和明显帚化的。

（五）打槽和捞纸

麻料经捣碎、洗涤后，就成了灰白色的絮状物，后将之放入水槽，加入清水，再用木棒充分搅拌，使纤维均匀分散，并悬浮起来，成为粘稠适度的浆液，再用筛状抄纸器（纸模）把纸浆捞出，滤去部分水分，就成了一层湿纸膜。居延宣帝纸的纤维交织程度不高，同向排列较多，匀度也较差，说明它未曾经受良好的悬浮成浆和打槽过程[4]，显示了相当的原始性。我国古代早期麻纸上多有一种交织状印纹，这是纸模留下的印迹。

有关汉代的抄纸工艺，文献上也有反映。东汉许慎（公元 58 ~ 147 年）《说文解字》云:“纸，絮一箔也。”“絮，敝緜也。”“箔，潎絮箦也。”“潎，于水中击絮也。”“箦，牀栈也。”“栈，棚也，竹木之车曰栈。”段注:“击，当为擎。”即漂浮意，这是抄纸的形象表述。段又注“栈”说:“许云竹木之车者，谓以竹若木散材编之为箱，如栅然。”可见，栈，或箦，或箔，即是以竹木类散材编成的箱状器；即是我国最早的抄纸器，或叫抄床。“纸，絮一箔也。”此意思十分的明显：纸，就是用抄床抄得的一帖纤维絮。这说明，纸，是由抄纸器抄出来的。这是我国古代文献中，关于抄纸工艺的最早记载。虽然十分简单，但却也较为明了。段玉裁认为，“擎絮，乃造纸之先声。”[39]下面讨论丝质纸时，有关情况还要谈到。

有一点需顺带指出的是:《说文解字》段玉裁注云:“箔，各本伪笘，今正。”我们认为，段氏的说法是对的。笘的本义是一种小竹片，与箔相差较大。《说文解字》:“笘，折竹为箠也。从竹，占声。颍川人名小儿所书写为笘。”显然，此笘与“纸，絮一箔也”的整个意思是不相符合的。

有学者认为我国早在蔡伦时代便发明了纸药，并认为纸药是发明造纸术的关键，没有纸药便没有蔡伦的造纸术，非但竹帘纸，就是布纹纸也是离不开纸药的。说纸药的主要作用，是揭分或分张，从传统技术调查来看，小幅纸，厚薄不均的长安构皮纸和富阳的坑边草纸，不用悬浮剂也可分张的；但纸幅稍大，打浆帚化程度较高的纸，没有纸药是不行的[40]。此说自然有一定道理，但问题还有更为复杂的一面。今承王菊华先生面告：纸药的使用，当与两方面因素有关，一是原料种类，二是纸张种类。长纤维纸，麻纸，较为细薄的纸，是非加纸药不可的。但皮纸则可不用纸药，因树皮中往往含有便于分张的植物粘液；一般的短纤维纸、较为粗厚的纸亦可不加纸药。依此，笔者认为汉代是否使用了纸药，目前尚无确凿的依据。

（六）纸的后期处理和加工

后期处理主要包括压纸、晒纸、揭纸等工序，加工则主要指染色。

在前述经过科学分析的古纸中，以东汉旱滩坡纸最佳。其纤维较长，且均匀分散，人们推测其很可能使用了悬浮剂；其纸面较为平滑致密，很可能成型后还采用了压平、干燥等操作。这都说明，当时的洗、舂、抄等工序都已达一定水平。

染色是古纸加工的一道重要工序，从现有记载看，此技术约发明于东汉，之后在我国沿用了很长一个时期。汉刘熙《释名》云：潢，“染纸也”。这是我国古代关于染纸技术较早且较明确的记载。东汉炼丹家魏伯阳《周易参同契》也说到过染黄：“若蘗染为黄兮，似蓝成绿组。”因古时需染色的物品主要是纺织品和纸，而织物染黄是不太使用黄蘗的，故魏伯阳所云当与纸之染黄密切相关。只可惜目前看到的汉代色纸标本较少，故对其具体操作甚难了解。

四、蔡伦在造纸技术上的卓越贡献

我国古代的早期植物纤维纸虽始见于西汉时期，但当时质量还是较差的，社会书写用物主要还是绢类；东汉早期，造纸技术有了一定发展；东汉中期，由于蔡伦的卓越创造，便获得了飞跃式的进步，考古发掘的带字之纸增多，有关记载也多了起来。欧洲的第一个造纸厂是1150年在西班牙建立起来的。

《后汉书》卷六八“贾逵传”载，东汉永平年间（公元58～75年），“逵自选公羊、严颜诸生，高才者二十人，教以左氏，与简、纸经传各一通。”章怀太子李贤注“经传”云：“竹简及纸也。”贾逵（公元29～101年）系扶风人。此“简纸经传”当指“简经传”和“纸经传”。可知东汉早期，用纸写的经传便已出现，纸的质量已达一定水平。

东汉中期，在蔡伦造纸术发明前，造纸业便已在全国范围发展起来。《后汉书》卷一〇上“邓皇后纪”云：在邓后即位前，“方国贡献竞求珍丽之物，自后即位，悉令禁绝，岁时但供纸墨而已”。晋袁宏《后汉纪》卷一四“和帝纪”亦有大体相类似的说法：永元十四年冬十月辛卯，立皇后邓氏。“后不好玩弄，珠玉之物不过于目。诸家岁时裁供（贡）纸墨，通殷勤而已”[41]。此外，《东观汉记》卷六“和熹邓皇后”也有类似的说法[42]。说明邓皇后即位前后，各地皆贡献用于书写的良纸良墨。这都说明了蔡伦造纸法发明前各地造纸术的发展。

东汉和帝元兴元年（105年）后，蔡伦对造纸工艺作了许多改革，纸的产量和质量都有了进一步提高。《后汉书》卷一〇八“蔡伦传”载，蔡伦系东汉桂阳（今湖南耒阳）人①，东汉明帝永平年间（公元58～75年）入宫为宦，章帝建初（公元76～84年）升为小黄门，和帝即位（公元89年）转为中常侍，复加位尚方令。“永元九年（公元97年）监作秘剑及诸器械，莫不精工坚密，为后世法”。在这同时，蔡伦又以尚方令身份主持了造纸事务。“自古书契多编以竹简，其用缣帛者谓之为纸。缣贵而简重，并不便于人，伦乃造意用树肤、麻头，及敝布、鱼网以为纸。元兴元年（105年）奏上之，帝善其能，自是莫不从用焉，故天下咸称蔡侯纸”。《东观汉记》：“蔡伦典作尚方作纸，所谓蔡侯纸也。”[43]《太平御览》卷六〇五引《董巴记》云：“东京有蔡侯纸，即伦（纸）也。用故麻名麻纸，木皮名榖纸，用故鱼网作纸名网纸也。”可见，蔡伦曾为尚方令。据《后汉书》卷三六“百官志”本注云：其职能是“掌上手工，作御刀剑诸好器物”。其在造纸技术上的贡

① 关于蔡伦的籍贯，《后汉书》卷一〇八“蔡伦传”说是桂阳郡。今人有两种注释，一为郴州，一为耒阳，这两者都不算错，唯后者更为具体。郴州为桂阳郡治所，耒阳为桂阳郡属县，蔡伦生于耒阳。后魏郦道元《水经注》，唐李贤引晋罗含《湘州记》注《后汉书》等，皆云蔡伦故宅在耒阳县。今耒阳有蔡侯祠。



献，也是任尚方令期间作出的。蔡伦在造纸技术上的贡献主要有三：（1）使用了树皮、破鱼网等作为造纸原料，从而扩大了原料来源，并出现了麻纸、穀纸、网纸之名，这在西汉是不曾有的。（2）蔡伦监作秘剑及诸器械，莫不工精，且为后世法；其监作纸，帝称其能，莫不从用；可能他在造纸技术方面也建立了一套既较为合理，又较严格的工艺制度。（3）生产了一批质量较好的纸，天下咸称蔡伦纸。这工艺和产品在全国都产生了重要的影响，从而在较大程度上促进了造纸技术的发展。所以当今学者称蔡伦为造纸技术的改革者、推广者，乃至发明者，都无不可的。元费著《笺纸谱》在谈到我国文字载体的演变过程时也说："古者书契多编以竹简，其次用缣帛，至用木肤、麻头、敝布、鱼网为纸，自东汉蔡伦始。简太重、缣稍贵，人遂以纸为便。"可见人们自古便认为，蔡伦对我国古代造纸技术的发展是作出了划时代贡献的。

在此有一点需顺带指出的是，今人常说蔡伦发明了造纸术，这并不是说蔡伦之前并无植物纤维纸，或蔡伦之前无良纸，而是为了强调蔡伦的重要贡献。我们认为在蔡伦之前，在东汉中期、早期，乃至西汉生产过质量稍好的植物纤维纸，可能性都是不能排除的。这两者并不矛盾。我们常说"瓦特发明了蒸汽机"，其实在瓦特之前就有过蒸汽机，唯功能稍差而已，但人们还是将发明权归到了瓦特身上。人们常说"瓷器发明于东汉"，其实在西汉，乃至战国，部分地方便生产过一些胎釉皆佳的真瓷，但学术界经多年争辩之后，依然把瓷器发明期定到了东汉。若说蔡伦之前肯定"没有植物纤维纸"，并将前述《后汉书》卷六八"贾逵传"和《后汉书》卷一〇"邓皇后纪"中提到的纸说成是帛[44]，我们是不敢苟同的。虽从文字上看，此两段文献中的"纸"到底是植物纤维纸，还是帛，尚不易分辨，但结合前述额济河纸带字的出土，问题就不一样了。从伴出的木牍看，带字纸的年代便有可能前推至公元 93 ~95 年，这便不能完全排除邓后执政前，或说蔡伦造纸前，有了书写用纸的可能性。蔡伦发明了树皮造纸，技术上较麻纸更为复杂，这本身便说明在此之前，造纸技术已走过了一定的发展历程。

东汉时期，宫廷内已设置有掌管纸墨的官吏。《后汉书》卷三六"百官志"载，少府守宫令，"主御纸笔墨及尚书财用诸物及封泥"，尚书令右丞"假署印绶及纸笔墨诸财用库藏"。此时，一般官吏和士人用纸之事也有了明确记载。《后汉书》卷九四"延笃传"注引"先贤行状"云："笃欲写《左氏传》，无纸，唐溪典以废笺记与之，笃以笺记纸不可写传，乃借本讽之。"《北堂书钞》卷一〇四又引延笃答张奂书云："惟别三年，梦想忆念，何月有违，伯英来惠书四纸，读之反复，喜不可言。"这些都反映了东汉造纸技术之发展。东汉末年时，还出现了一个名叫左伯的造纸名匠，《书断》卷一云："左伯，字子邑，东莱人……擅名汉末，又甚能作纸。"子邑尤得蔡伦之妙，"肖子良《答王僧虔书》云，'子邑之纸，妍妙晖光；仲将之墨，一点如漆。'"[45]仲将，韦诞字。看来左伯对造纸技术的发展也是作出了一定贡献的。另外，从"妍妙晖光"四字推测，也不能排除左伯发明了研光和施布胶质填料的可能性。

当然，以纸取代简帛是一个十分漫长的过程，它由汉代一直延续到了三国及其之后。1996 年，长沙市文物工作队在长沙市中心的五一广场 22 号古井内清理出

数万枚竹、木质简牍，系三国吴嘉禾元年至六年（公元232～237年）长沙郡的部分档案，其内容涉及吴的政治、经济、军事、文化、租税、户籍、司法、职官等诸多方面，有的甚至是长沙郡所属民簿类、账簿类等，说明孙吴时期的简牍使用量依然是很大，且十分普遍的[46][47][48]。

五、关于丝质纸

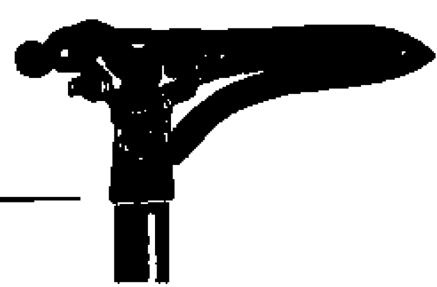
从文献记载看，我国古代亦曾以丝制品作为书写用物，此事至迟始于春秋战国，并延续到汉代及至稍后一个时期。此“丝质书写用物”约有两层含义：一是缣帛类，即将绢帛裁成适用规格，其亦谓之为纸，是名“幡纸”。二是使用与后世造纸工艺相类似的方法，以丝絮络合成的纸状物。其实，“纸”字的最初含义便是指这种丝质制品。此丝絮纸尤其重要，它的发明，对植物纤维纸的出现具有重要的启示和影响。

丝帛类书写用物在先秦典籍中常可看到。如《墨子·明鬼》:“古者圣王必以鬼神为（脱‘有’），其务鬼神厚矣。又恐后世子孙不能知也，故书之竹帛，传遗后世子孙。咸恐其蠹绝灭，后世子孙不得而记，故琢之盘盂，镂之金石以重之。”墨子（约公元前468～前376年）生于战国早期。这是战国早期及其之前以帛书写之证。

目前看到的缯帛类书画实物较多。如1942年，湖南长沙子弹库战国楚墓出有帛书和帛画，帛书中的甲篇便有400多字，后流失海外[49]。1973年，同一地方又出土战国“人物御龙帛画”一幅[50]。1972～1973年，长沙马王堆3号汉墓出土帛画4幅，以及帛书20多种计约12万多字，其中有《老子》、《易经》、《战国纵横家书》的大部分章节写本，以及部分久已失传的佚书[51]。

用于书写的丝帛，自然可通过纺织的方式获得。但用于书写的丝絮，便是采用与造纸相似的工艺而获得的。前引《说文解字》云:“纸，絮一笘也。”“絮，敝緜也。”“笘，潎絮箦也。”段注“敝”云:“敝者，败衣也。”这几句话十分重要。但此“絮”，或说敝緜（绵）的具体含义，许慎还说得不是十分清楚。从现代技术观点看，它可能包括了两层意思[52]：一指丝絮，如段“注”所云，段认为古代之絮，“必丝为之”。二即是麻类纤维。这两种可能最早是由秦大川提出的。许慎的原意可能只包含了丝絮一种，也可能同时包含了丝絮和麻絮这两层意思。这说明，在许慎生活的年代及其稍前，“纸”仍有可能使用丝絮，即丝的下脚料制成。为此，清段玉裁“注”还作了一个较好的推测:“造纸昉（仿）于漂絮，其初丝絮为之，以笘荐而成之。今用竹质、木皮为纸，亦有致密竹帘荐之是也。”即是说，纸的制造工艺，原仿于漂絮操作，初以丝絮为之，以原始抄纸器成之；今世用竹质木皮造纸，也用致密的竹帘抄纸。今用植物纤维纸很可能就是在这种丝絮纸工艺的影响下产生出来的。这是段玉裁的观点。看来，古人曾用丝絮做纸也是肯定的。据说在考古发掘中，也发现了两件古代丝絮纸，一件是1977年安徽阜阳地区双古堆西汉墓出土的茧絮纸，另一件是甘肃天水放马滩5号西汉墓出土的丝质纸的残片[53]，但可惜尚未看到正式的鉴定报告。

与“丝絮纸”相关的记载还有一些。服虔《通俗文》:“方絮曰纸。”[54]服虔在东汉中平（184～189年）末年曾任九江太守。同样，此“絮”可能主要指丝絮，



可能也包括麻絮，说络合成了方形的丝絮、麻絮就叫纸。

张揖《古今字诂》则从文字学的角度，更全面地谈到了由丝质纸到植物纤维纸的演变过程：王隐《晋书》载："魏太和六年（232年），博士河间张揖上《古今字诂》，其'巾部'云：'纸'，今帋也，其字从巾，古以缣白（帛），依书长短，随事截绢数重沓，即名幡纸，字从系，此形声也。后，和帝元兴中，中常侍蔡伦以故布捣剉作纸，故字从巾，是其声虽同，系、巾为殊，不得言古纸为今纸。"[55]即是说，纸原本是一种丝质品，故从丝从系从巾；绢帛视需裁断后便成了纸，名叫"幡纸"；植物纤维纸是在此之后才出现的。虽植物纤维纸与丝质纸同名，都用了一个"纸"字，但两者是有区别的，不能把古代的丝质纸当成后世的植物纤维纸。

其他文献也有过丝质纸的说法。如，前引《后汉书》卷一〇八"蔡伦传"："用缣帛者谓之为纸。"宋苏易简《文房四谱》卷四："幡纸，古者以缣帛依书长短，随事截之，以代竹简也。""汉兴已有幡纸代简，而未通用。"这都说到了汉代曾以缣帛、丝絮为纸，其名叫"幡纸"，人们力图以之代简，但未能通行。《文房四谱》卷四又载："古谓纸为幡，亦谓之幅，盖取缯帛之义也。自隋唐以降，乃谓之枚。"此"幡"、"枚"都是古人计算纸数的单位，这从另一个角度说明了汉代曾以缯帛为纸的情况。

下面再讨论一下《汉书》中的赫蹏是否指植物纤维纸的问题。在现代研究者中，最早肯定"赫蹏"是纸的是袁翰青，他说："纸在西汉的时候曾经名为赫蹏，《汉书》的'赵皇后传'里有在赫蹏上写字的记载。"[56]经查，《汉书》卷九七下"孝成赵皇后传"有关文字是这样的：成帝后宫妃子曹伟能生一子，皇后之妹赵昭仪万分妒忌，将曹押进了宫廷监狱，并派狱丞籍武送去裹药二枚，赫蹏书曰："告伟能，努力饮此药，不可复入，女自知之"。唐颜师古注云："邓展曰，赫者，兄弟阋墙之阋。应劭曰，赫蹏，薄小纸也。晋灼曰，今谓薄小物为阋蹏。"可知应劭是认为"赫蹏"为纸的，袁翰青的依据便是应劭之说。应劭为东汉晚期学者，献帝时曾任泰山太守，他的话自然不会错。但值得注意的是，应劭理解的"纸"，很可能就是丝絮纸，而未必是植物纤维纸。古人的理解，与今人未必是完全相同的。宋赵彦卫《云麓漫钞》卷一便说到过此事："赵后传所谓赫蹏者，注云薄小纸，然其实亦缣帛……则古之纸即缣帛，字盖从系云。"[57]所以，《汉书》中的"赫蹏"是否指植物纤维纸，目前还是不能定论的，并不能排除其为丝絮纸的可能性。看来，汉代文献中的"纸"字，有的可能是指植物纤维纸，有的则可能是指缣帛纸的，不可一概而论。

又，据云，湖北云梦睡虎地出土的一枚战国秦简上有一"纸"字，美籍华人学者钱存训怀疑早在战国时代便有了植物纤维纸[58]。这是一个值得注意的观点，但须得认真分辨。

第七节　髹漆技术的发展

秦汉是我国古代漆器技术的又一个繁荣期，不但使用量较大、分布地域较广，而且生产了许多技术水平和艺术价值都较高的高档制品。今南至广州[1]、云南[2]，

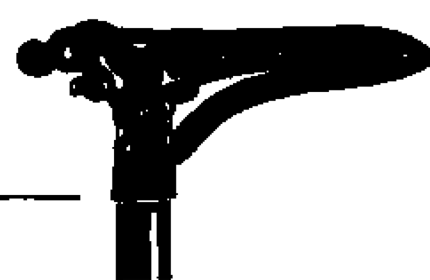
西至甘肃武威[3]、宁夏银川[4]，北至呼和浩特[5]，以及汉乐浪郡，都出土过汉代漆器。这个时期文献上关于漆器的记载也多了起来。《史记·货殖列传》:“山东多鱼、盐、漆、丝、声色。”此“山”，指太行山，说太行山以东皆多漆器。《盐铁论·本议》载:“陇蜀之丹漆旄羽，荆扬之皮革骨象，江南之柟梓竹箭，燕齐之鱼盐旃裘，兖豫之漆丝絺纻，养生送终之具也。”此说陇、蜀、兖、豫皆产漆。可见漆器产地之广。此时，漆器与铜器、陶瓷器一起，成了人们重要的日常生活用品。在普遍发展的基础上，此时还形成了一些较大的漆器生产中心。西汉前期主要有“莒市”、“蕃禺”、“布山”、“成市”等。西汉中期至东汉，较大的漆器生产地有二：一是广汉郡和蜀郡，二是今扬州一带。前者是直属朝廷的工官制漆作坊所在地，后者则可能是以民间作坊为主的。在整个秦汉时期，漆器技术较为发达的是西汉，东汉之后，因青瓷技术的兴起等原因，便逐渐衰退下来。此期髹饰技术上的主要成就是：金银镶嵌（后世又谓之金银平脱）较多地使用起来；夹纻胎、钔器技术都有了较大发展。各项操作都更为成熟，这是我国古代髹漆技术发展史上的第二个高峰期。

一、漆器出土和使用的一般情况

（一）秦至西汉前期

秦至西汉前期，漆器出土地点主要分布在南方，批量往往较大，其中较值得注意的地方有：湖北云梦睡虎地、大坟头、江陵凤凰山、宜昌，湖南长沙马王堆、象鼻嘴、陡壁山和砂子塘，安徽阜阳双古堆，广州西村石头岗、三元里，广西贵县罗泊湾，四川成都、广元等秦汉之际和西汉前期遗址和墓葬。北方稍少，较值得注意的地方有：山东临沂、陕西咸阳等遗址和墓葬。这些地点中，出土量较大的有马王堆三座轪侯家族墓，计出 700 多件，器形主要有鼎、盒、壶、钫、卮、勺、匕、耳杯、耳杯盒、盘、匜、奁、案等，其中最多的是耳杯，几乎占去了一半，其次是盘，约有 200 件左右[6][7]。1973 ~ 1975 年，湖北江陵凤凰山秦汉墓（下限到景帝）出土漆器 600 件上下，90% 以上属文景时期，其中出土量较多的是 8 号、9 号、10 号[8]、167 号[9]、168 号墓[10]。长沙望城坡古坟垸西汉墓出土随葬品 2 000 多件，其中漆器 1 500 多件[11]。广西贵县罗泊湾西汉墓出土漆器 700 多件[12]。四川绵阳永兴双包山 2 号西汉墓出土漆器 500 多件[13]。此期漆器多较厚重，木胎居多，夹纻胎数量依然有限，一般只见于诸侯王和列侯墓葬，钔器亦为数不多。安徽阜阳双古堆两座西汉早期墓所出漆器中，可辨器形者约 111 件，钔器只有 6 件[14]，金银贴花者更少。四川绵阳双包山 2 号墓出土漆器有木胎和夹纻胎，主要器物有耳杯、盘、盒、俑、马等，髹饰方法主要有素面和彩绘两种。断代西汉中、前期[15]。

尤其值得注意的是，此期生产了许多名贵漆器，这既是社会繁荣、统治者奢华的一种表现，也是髹漆技术发展的一种反映。如满城刘胜夫妇墓漆器，器形有樽、卮、耳杯等，其虽多已腐烂，但珠光宝色依然可见。其樽盖和器身、卮的手柄、耳杯的耳部等处多有鎏金附件等装饰，其漆案有鎏金铜饰和兽纹铜足；其五子漆奁上镶嵌有绿松石和玛瑙；其漆棺上镶嵌有大小 26 块玉璧。墓年代为公元前 113 年，属西汉前期晚段[16]。



从漆器铭文看，此期漆器制作中心主要有陕西“咸市”、河南“郑亭”和“许市”、广东“蕃禺”、广西“布山”、山东“莒市”，以及为部分学者考定为成都的“成市”，这些大凡都是地方官漆的标记。

“蕃禺”。1953年，广州市西村赵佗时期墓葬中出土一个椭圆形漆奁，盖面正中烙印有“蕃禺”二字[17][18]。此“蕃禺”即《史记·南越列传》中的“番禺”，是广州旧称。这显然是番禺官漆的印记。

“布山”。1976年，广西贵县罗泊湾1号西汉墓出土大量漆器，其中耳杯可复原者约20件，有的漆耳杯底部或刻或烙有“布山”，或“市府草”、“市府囗”字样。刻文有“囗怀士”、“厨”、“胡”等[12]。此“草”即造，《广雅·释言》:“草、灶，造也。”“市”，当是市楼、市府的简称，是政府管理市井的官署；汉代不但国都和著名的商业中心设市，而且县以上行政单位皆设市。“市府草”当即“市政府造”。这当是地方政府所造，说明当时桂林郡也生产漆器[12]。这种标有地方政府“市”、“亭”的铭文在陶器上也有使用[19]。“囗怀士”、“厨”、“胡”当是使用者所刻。

“成市”。有关漆器在长沙和江陵都曾看到。长沙马王堆1号汉墓出土过184件漆器，其中73件，包括鼎、匕、卮、耳杯、食盒、小盘、匜、奁等上见有烙印戳记，或印于漆外，或隐于漆下，每印2～3字，戳印文字计约5种，即“南乡囗”、“中乡囗”、“成市草”、“成市饱”等；马王堆3号墓的许多漆器上也烙印有“成市草”、“成市饱”、“南乡囗”、“中乡囗”等戳记[6][7][18]。在同一时期的江陵凤凰山8号墓所出漆耳杯和漆盂上，所见烙印戳记的种类也很多，计有“成市”、“成市囗”、“市府”、“市府饱”、“市府囗”、“北市囗”、“草”等[8][18]。此“饱”为“䴵”的假借字。《说文解字》:“䴵，桼垸已，復桼之。”段氏注为:“垸者以桼和灰，垸而髹也，既垸之，復桼之，以光其外也。”可知此“䴵”即是“復桼之，以光其外也”。可见此“成市草”、“成市饱”、“市府草”，都是“成市造”、“市府造”之意。有学者认为，此“成市”当是“成都市”的省称，而“南乡”、“北市”则是指成都市府的南北两个作坊，并认为马王堆1、3号汉墓和凤凰山8号汉墓的漆器，基本上都是成都市府生产的[18]。

“莒市”。1973年，临沂银雀山四座西汉墓出土过大量漆器，其中4号西汉墓所出漆器中，1件漆耳杯的外底烙印有“莒市”戳记，字为朱漆覆盖，应是先在木胎上烙印，之后髹漆而成。2件稍大的残黑漆彩绘耳杯外底见有“市府草”、“市”等字戳记，也是先烙印后髹漆[20][21]。此“莒市”戳记则应是莒地市府作坊制品的标记[20]。

综上，由漆器烙印看，西汉前期的地方官漆中心至少有4处，即“蕃禺”、“布山”、“成市”、“莒市”等。有三者因标记较为明晰，指番禺、莒县等处官漆作坊无疑，学术界亦无异议。而“成市”、“南乡”、“中乡”虽有些费解，但结合故乐浪郡出土不少蜀郡和广汉郡漆器，马鞍山东吴墓出土大量蜀郡漆器来看，说其为成都官漆作坊的标记[18]还是有可能的。

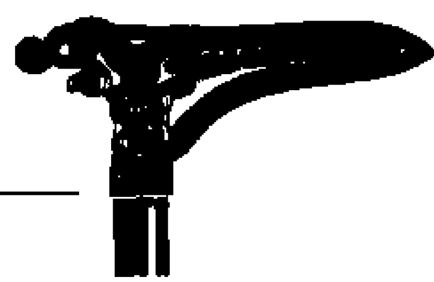
（二）西汉后期至东汉

西汉后期所出土漆器的批量虽不如前期，但数量依然较大，出土地域也有了

扩展，高档漆器又有增加。北方漆器是较难保存下来的，但如洛阳烧沟汉墓和西郊汉墓（西汉中期到东汉晚期），北京大葆台西汉中期燕王刘旦墓，以及山东临沂、文登、莱西，陕西咸阳马泉，甘肃武威，山西浑源，宁夏银川，内蒙古呼和浩特二十家子等地西汉后期墓都有漆器出土。南方漆器出土量依然较多，湖北光化，湖南长沙，广东广州，广西贵县、合浦，四川成都、巴县、西昌，贵州清镇、平坝，云南晋宁，江苏扬州，安徽天长等西汉后期墓都可看到。许多漆器都具有较高的技术水平和艺术价值。如 1991 ~ 1992 年，安徽天长县三角圩 24 座西汉墓（早期至中晚期）出土 170 件漆器，尤以中晚期的 M1、M10、M19 最为集中，且保存较好，多为夹纻胎，唯少数大件为木胎。器表均为黑漆地，多上朱色彩纹。器内施朱漆，上施黑色彩纹。有的在漆器上装饰数道银钔或嵌贴银柿蒂纹，或贴金箔等[22]。

汉代漆器生产包括官营和民营两种。官营之中，目前见于考古发掘的主要有两种：一是地方官府，如上述“莒市”漆器等，主要见于西汉前期；二是少府所属京外的工官，主要见于西汉中期之后，其中主要是广汉郡和蜀郡西工官。蜀郡西工官和广汉郡工官漆器在汉乐浪郡[23]、贵州清镇[24][25]、河南杞县[26]、江苏邗江[27]、湖南永州等地都有出土[28]。由考古资料看，由西汉后期至东汉，漆器生产又形成了两个较大的中心：一个是广汉郡（治今四川梓橦）和蜀郡（治成都），另一个是今江苏扬州一带。前者是直属朝廷的工官漆器作坊，后者则可能是民间作坊，它们都生产过不少高档漆器。

关于广汉郡和蜀郡西工官漆器。有关研究认为，此二工官约设置于文帝之后，至武帝之初[18]。主要依据是传世有“二年蜀郡西工”造铜酒钼[18][23]。1916 年，日本人便在旧乐浪郡发现了汉代漆器，故郡即今平壤沿大同江一带；1924 年时，乐浪郡遗址发掘，又获得了大批漆器；1933 年王光墓发掘，所得漆器达 84 件。据粗略估计，从 1916 年算起，至 20 世纪末，所见有“蜀郡西工”、“广汉郡工官”刻铭的漆器约 40 多件。其中梅原末治《支那汉代纪年铭漆器图说》载有汉代纪年铭漆器 44 件，属蜀郡西和广汉郡所产者计 36 件。其中铭作“蜀西工”（3 件）、“蜀郡西工”（25 件）、“成都郡工官”（2 件）者计 30 件；铭作“广汉郡工官”（4 件）、“子同郡工官”（2 件）者计 6 件。年代最早的是 3 件“始元二年（公元前 85 年）漆耳杯”，年代最晚的是永平十四年（公元 71 年）漆耳杯。铭作“蜀西工”者皆西汉“始元二年”造，铭作“成都郡工官”者唯见于新莽始建国五年，该郡工官在两汉生产的其他漆器皆铭作“蜀郡西工”，此铭不见于新莽时期。铭作“子同郡工官”造者，唯见于新莽始建国天凤元年；该郡工官在汉代生产的其他漆器皆铭作“广汉郡工官”，此铭亦不见于新莽时期。大家较为熟悉的有“建平四年蜀郡西工造”金铜钔画纻漆盘[23]；“建平三年（公元前 4 年）蜀郡西工造”画纻黄涂漆盒盖[23][29]。1956 年贵州清镇汉墓出土 2 件广汉郡工官造夹纻胎耳杯，铭为“元始（公元 1 ~ 5 年）三年广汉郡工官造”等字；1 件蜀郡西工官造夹纻胎耳杯，铭为“元始三年（蜀）郡西工”等字[24]。1958 ~ 1959 年清镇所出 1 件完整的广汉郡工官漆饭盘，铜胎，口唇镀金，铭为“元始四年广汉郡工官造”[25]。1985 年江苏邗江出土漆盘 6 件，其中 M104:26 的外沿刻有隶书：“元康四年广汉护工卒史佐”



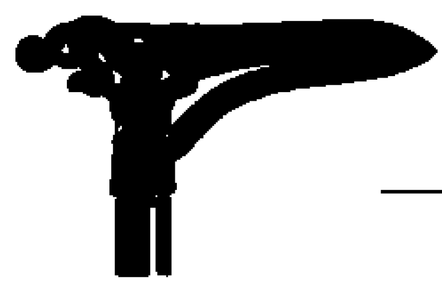
等45字铭，夹纻胎[27]。1995年湖南永州出土漆盘一件（M2:66），夹纻胎，铜钔鎏金，下沿下部有锥刻铭文："建平五年广汉郡工官造"等63字。又出有耳杯4件，其中1件已朽，其余3件形制相同，器底外沿有锥刻铭文，皆为"元延三年广汉郡工官造"，其中M3:65为72字铭，M2:77和M2:78为71字铭[28]。1996年河南杞县许村岗汉墓出漆盘（残件）1件，在口沿鎏金的铜箍上有一行刻铭：有"绥和元年（公元前8年）广汉郡工官造"等字[26]。经考察，蜀郡西工官和广汉郡工官制造的耳杯，在式样、尺寸、图案和铭文的体例上，都是相互一致的，这说明当时已存在统一的管理和技术规范。《盐铁论·散不足》："今富者银口黄耳，金罍玉锺；中者舒玉纻器，金错蜀杯；夫一文杯得铜杯十。"[30]此银口黄耳、舒玉纻器、金错蜀杯，大凡都是对蜀汉漆器，尤其是银钔器、鎏金耳、镶玉、夹纻胎、错金等工艺漆器的赞扬。

汉代工官的设置时间有先有后，大约一半左右是景帝到武帝时创置的。从纪年漆器铭文来看，广汉郡工官和蜀郡西工官生产漆器的时间最早为西汉昭帝始元二年（公元前85年）；从文献记载看，最晚当为东汉和帝元兴元年（105年）。《后汉书·和熹邓皇后纪》载：元兴元年（105年），"其蜀汉扣器、九带佩刀，并不复调"。说明元兴元年之后，蜀汉不再为宫廷生产高档漆器。

除蜀郡西和广汉郡外，属中央工官的"考工"、"供工"等也生产过官漆器。它们皆属少府管辖。供工在《汉书·百官公卿表》中失载。

今知"考工"铭漆器至少2件。1件为居摄三年银涂钔夹纻漆盘，1931年时小泉显夫等人在石岩里201号墓发掘所得，后为梅原末治著录，铭为："髹汧画纻银涂钔斗槃，居摄三年，考工工虞造，守令史音，掾赏主，守右丞月，守令口省"[23]。另一件即武威所出夹纻鎏金铜钔耳杯。1972年以前，甘肃武威磨嘴子清理了数十座汉墓，其中62号墓出土2件大小、形制、纹饰相同的夹纻鎏金铜钔耳杯，耳杯长15.6厘米、高4.5厘米，双耳镶鎏金铜壳，耳杯内朱外墨；杯底近座处有半圈针刻隶书47字款："乘舆，髹汧画木黄耳一升十六勺杯。绥和元年考工工并造，汧工丰，护臣彭，佐臣诩，啬夫臣孝主（?），守右丞臣忠，守令臣丰省。"[3]它们有可能都是考工令下属所作。考工所制铜器较漆器为多。此多条铭文中都提到了一个"髹"字，可见这一称呼当时使用已广，此后，一直沿用至今。

今见"供工"漆器有多件。江苏邗江县宝女墩汉墓出有漆盘6件，1件（M104:29）外沿针刻隶书铭文50字："乘舆髹汧画纻黄钔斗饭槃。元延三年（公元前10年），供工工疆造，画工政，涂工彭，汧工章，护臣纪，啬夫臣彭，掾臣承主，守右丞臣放，守令臣兴省"。另1件（M104:28）外沿外刻隶书32字："河平元年，供工髹漆，画工顺，汧工姨绾，护忠，啬夫昌主，右丞谭，令谭，护工卒史音省"[27]。湖南永州市鹞子岭2号汉墓出土漆卮2件，1件无铭，纻胎。另1件（M2:64）的盖底均为木胎，器身为夹纻胎，盖上有锥刻铭文18字："绥和元年（公元前8年），供工考造，掾肇，守右丞口，守令口占"；器身外锥刻铭文为："鸿嘉五年（公元前16年）供工工敞造，护望，守啬夫护，掾宗主，右丞茂，令咸省，一口"[28]。平壤梧野里发现汉漆盘1件，铭为："乘舆，髹汧蜀画纻黄金涂钔槃，容一斗，初始元年（公元8年），供工工服造，守令史臣并，掾臣庆主，右丞臣参，



令臣就省”。

关于扬州漆器。今见于考古发掘的多属西汉晚期，也有个别向前或向后延伸了的，其中亦不乏高档名贵之物。大家较为熟悉的有：

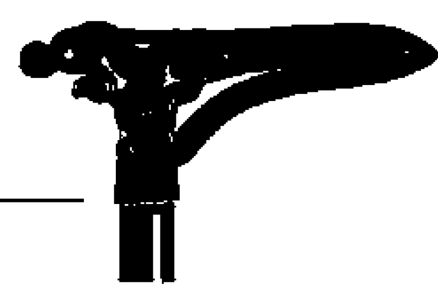
（1）邗江甘泉“妾莫书”木椁墓[31]。1977年发掘，出土漆器计百余件，多为生活用品。其中有漆耳杯60多件，有夹纻胎和木胎，多为彩绘，一般外墨内朱，有的镶有鎏金铜釦、银釦，杯身贴金箔。有彩绘漆罐3件，夹纻胎，全身贴鸟兽和云气纹金箔，腹下贴三角形金箔一周，口沿、腰和底部嵌银箍。罐盖中心嵌银片柿蒂形座，上套铜环。罐盖面上贴四兽金箔，边沿嵌银釦。又有彩绘漆案3件，木胎，长方形，1件的边沿嵌铜钉，马蹄形案足，并镶鎏金铜釦。又有桃形小漆盒1件，木胎，银釦，内髹朱漆，墨绘云气纹。墓中出土1件素面黑漆残碗，碗底针刻有“工定”二字款；有的素面杯中还有“仙”字印文。总之，此漆器的装饰工艺有金、银嵌饰、贴金银、针刻，及朱、黑、绿、黄等多彩色漆彩绘。因墓内出有“妾莫书”银印，故此墓习谓“妾莫书”墓。断代元帝至平帝时期（公元前48～公元5年）。墓主人可能是刘氏宗族的亲属[31]。

（2）邗江县甘泉乡姚庄101号汉墓[32]。为夫妻合葬，1985年发掘，出土漆器131件，占全部出土器物的50%以上，足见漆器在当时社会生活中的地位。其中最值得注意的是两件银釦嵌玛瑙七子漆奁。一件出于男棺，木胎，奁外表饰以银釦和贴金银贴箔，在金银箔上或空隙处绘朱彩纹。盖之顶部中心嵌一红玛瑙，六出银柿蒂座，周围每瓣各嵌一粒鸡心形红玛瑙。四周贴金银带饰。奁身彩绘，奁内朱漆彩绘。奁内有七子盒，皆薄木胎，器表嵌玛瑙、镶银釦。另一件出于女棺，木胎，奁顶盖中心嵌一黄色玛瑙，银质四叶柿蒂座，四叶上各嵌一粒鸡心形红玛瑙，外为三道银釦。奁内有子盒，其也有银釦，顶上亦嵌红玛瑙，器壁也有银箔纹饰[32]。另外还值得注意的是，其头箱中出土漆沙砚1件，木胎，由砚盒和砚池组成，呈凤尾状，长19厘米、前宽9.8厘米、后宽8.2厘米、高6.6厘米；池面木质坚硬，触摸时有细砂感；漆沙砚表面满髹黑漆；砚外侧用银箔贴饰精美图案。这是现今所见年代最早的漆沙器。本墓所出许多漆器都异常精美华丽。墓葬断代西汉晚期[32]。

（3）扬州邗江县胡场汉墓[33]。1979年发掘，计4座。1号墓出土漆器69件，其中出土七子奁1件，其器盖顶贴柿蒂纹银箔及4只银箔白虎。2号墓出土夹纻胎耳杯5件，其中2件耳翼下分别针刻有“工冬”、“工克”二字款，另一件耳杯底部用红漆写出“大张”二字，属西汉晚期[33]。

此外，邗江县郭庄汉墓（西汉晚期或新莽时期）[34]，扬州七里甸汉墓（东汉初年）[35]、凤凰河木椁墓[36]等都有漆器出土，数量都不太少，亦不乏上乘之作。至于妾莫书墓和胡场汉墓漆器上的“工定”、“工冬”、“工克”二字款，以及“仙”、“大张”字款，很可能是“物勒工名”的责任制，也可能是私营作坊的标记。海州西汉霍贺墓出土的漆奁上有篆书“桥氏”[37]，当是私营作坊的印记。看来，这些扬州漆器字款皆与官府无涉，一般认为，它们可能多数是民间作坊生产的。

如上主要介绍了蜀郡西、广汉郡，以及扬州的漆器。北方漆器亦不乏精美之



品，如北京大葆台发掘的西汉中期燕王墓便是最好的例证，后面还要谈到。

总体上看，西汉后期漆器形制与前期无大出入，仍以饮食器、妆奁器为主，但夹纻胎、钔器的比例明显增大，金银镶嵌亦使用起来。东汉漆器发现较少，可能与青瓷崛起等因素有关。自西汉后期至东汉，漆器制作都十分讲究，尤其是工官漆器。《汉书》卷七二"贡禹传"："见赐杯案，尽文画金银饰。"《盐铁论·散不足》："一杯卷用百人之力，一屏风就万人之功。"

二、从器铭看汉代漆器的工艺程序

（一）从器铭看髹漆生产管理

与先秦相比较，汉代的各项髹漆技术都更加成熟起来，操作更为讲究，不但分工精细，而且形成了一整套严格的管理制度和质量规范。今日所见不少汉代名贵漆器上都有铭文，尤其是蜀郡西工官和广汉郡工官所制者，其中都记有加工工序及其责任人，对我们了解汉代髹漆技术和官府手工业的质量管理制度都具有重要的意义。下面先看一下汉乐浪郡和贵州清镇所出土的汉代漆器铭文：

汉乐浪郡"建平三年蜀郡西工造"漆盒："建平三年，蜀郡西工造乘舆髹丹画、纻、黄涂壁耳樽，容三升盖。髹工有，上工宜，铜壁黄涂工古，画工丰，丹工戎，清工赛，造工宗造；护工卒史嘉，长袖，丞骏，掾广，守令史岑主。"计65字[23][29]。

清镇墓M15"元始三年广汉郡"耳杯："元始三年，广汉郡工官造乘舆髹羽，画木黄耳棓，容一升十六籥，素工冒，休工立，上工阶，铜耳黄涂工常，画工方，羽工平，清工匡，造工忠造。护工卒史恽，守长音，丞冯，掾林，守令史谭主。"[24]

清镇墓M65元始四年广汉郡漆饭盒："元始四年广汉郡工官造乘舆髹汋画纻，黄钔饭槃，容一升，髹工则，上工良，铜钔黄涂工伟，画工谊，汋工平，清工郎造。护工卒史恽，长亲，丞冯，掾忠，守令史万主。"计61字[25]。

湖南永州广汉郡漆盘铭："建平五年广汉郡工官造乘舆髹汋画纻黄扣旋，径九寸，髹工福，上工恩，铜钔黄涂工伟，画工武，汋工忠，清工立，造工章造，护工卒史显，守长竟，丞尚，掾宗，令史梦主。"凡63字[28]。此汋，有的铭刻又写作"㓞"、"犳"、"㸒"、"㳌"、"彤"等。

这类铭文较多，不再一一枚举。总体上看，其中提到过的各级工匠（工序）和职官名称有：素工、髹工、上工、铜钔黄涂工、画工、雕工、清工、造工、供工、护工、守长、丞、掾、令史、佐、啬夫等16种。这些官职的名称有时还有变化，有学者认为：由西汉昭帝始元二年（公元前85年）至东汉和帝永元十四年（102年）间，所设为"护工卒史"（东汉明帝时改为"护工掾"）、"长"、"丞"、"啬夫"（元帝后改为"掾"）、"令史"等官职，但王莽执政时一度改为"护工史"、"宰"、"丞"、"掾"、"史"、"掌大尹"等官[23]。

（二）汉代髹漆的工艺程序

铭文提到的髹漆职官虽有10多种，但其工序则主要是8道，并由不同的人负责，在整个汉代并无太大变化，其分别是：

1. 素工，制胎。陶宗仪《辍耕录》卷三〇载："凡造碗、碟、盘、盂之属，其

胎骨则梓人以脆松劈成薄片，于旋床上胶粘而成，名曰卷素。”此“卷素”，原指卷曲而成的器坯、器胎。

2. 髹工，垸漆、糙漆。即以灰打底和第一次上漆。《说文解字》:“垸，以桼和灰丸而髹也。”明黄成《髹饰录》“质法第十七”载:“垸漆，一名灰漆。用角灰、磁屑为上，骨灰、蛤灰次之，砖灰、坯屑、砥灰为下。”

3. 上工，即漆工，进一步上漆。《说文解字》谓之䰍:“䰍，桼垸已，复桼之。”

4. 黄涂工，即镀金。

5. 画工，绘纹饰。

6. 清工，清理打磨。

7. 汈工、㓤工、㸚工、㵣工、彤工等。

8. 造工（工师），即负责验收。

可见，汉代工官漆器管理制度是较为严格的，分工也相当精细。在这8道工序中，多数都不难理解，亦无太多争论。唯其中的第7道，即汈工，或㸚工等，学术界争论较大，在文字的字形和字义上都一直存在不同看法。王仲殊释为“汈”，认为指漆器上的精心刮摩；陈直亦释为“汈”，认为是“雕”的简体[38]；傅举有[11]、后德俊认为指阴干工序[38]。陈振裕释为“㵣”，即“盘”，是盘旋、旋绕之意，意即磨光、拭光[39]。周世荣释为“汈”，为“罩漆工序”[40]；孙机释为“彤”，即“丹”，即涂红漆。各说皆有一定道理，一时很难定论。

三、髹漆技术的发展

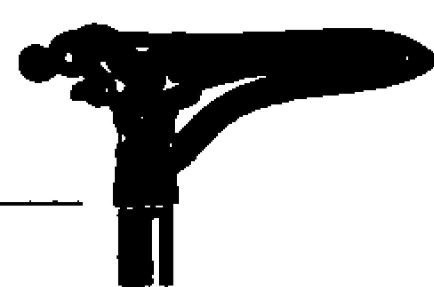
下面仅依现代技术观点，依据考古实物和文献记载，对汉髹漆工艺的操作情况作一介绍：

（一）制胎

汉代漆器主要使用木胎、夹纻胎、木胎夹纻，此外还有竹胎、铜胎、骨胎、皮胎、铁胎、铅胎、陶胎、纱胎等。

1. 木胎。发明较早，使用也最广。长沙马王堆所出漆器中有500件为日用器，绝大多数是木胎，只有少数夹纻胎。木胎主要有旋制、斫制、卷制三种[6][7]。马王堆汉墓出土的漆盘，盘心均有一个浅浅的圆锥形小眼，说明当时使用了旋床。阜阳双古堆西汉早期汝阴侯墓111件漆器中，只有23件夹纻胎，余皆木胎；制法亦主要是旋制、斫制、卷制[14]。西汉早期多为斫木胎和旋木胎，晚期则多为薄木胎。汉代漆器发展的一个趋势是由厚向薄，由重到轻。汉代已经生产不少卷木薄胎漆器[11]。先秦漆器是否使用过旋胎，学术界尚有不同看法，有关实例亦较少；汉代旋胎的痕迹一般都较明显，有关实例亦较多，学术界亦形成了共识。

2. 夹纻胎。始见于战国中期，但数量较少，汉后才盛行起来。长沙陡壁山曹𡟰墓出土漆器约150件以上，多为夹纻胎，有的器物表面尚有金银箔贴花[41]。河北满城1号汉墓出土漆器中，可辨器形者约39件，夹纻胎有27件，即樽1件、盒3件、盘11件、耳杯12件[16]。这比例是不小的。更有甚者，山东长清双乳山一座西汉中期墓出土大量漆器，全皆夹纻胎，不见木胎和竹胎[42]。当时人们对夹纻胎漆器的牢固性已有了较深认识。《汉书》卷五〇“张释之传”载：汉文帝视察自己



的生圹霸陵时说："嗟乎！以北山石为椁，用纻絮斮陈漆其间，岂可动哉！"由大量考古资料看，大约西汉早期至中期，是人们开始较多地使用夹纻胎的阶段。

至迟西汉初期，夹纻器便有了相对固定的名称，或谓"绪"器、"褚"器、"画纻"器之名。1972～1973年，湖北云梦大坟头1号墓所出土的木牍上记有"绪杯廿"字样，恰与该墓所出土的20个夹纻胎黑漆素面耳杯相吻合，断代西汉初年[43]。显然，此"绪"即"纻"，"绪杯廿"即"夹纻杯廿个"。满城汉墓出土有许多漆器，经考察，漆器铭文中凡有"褚"字者，都是夹纻漆器[16]。可知此"褚"即是纻的假借字。《盐铁论·散不足》云："今富者银口黄耳"、"中者舒玉纻器"。此"银口"当即银釦，"纻器"即夹纻漆器。在梅原末治著录的汉纪年漆器中[23]，从永始元年（公元前16年）到初始元年（公元8年），有15件漆器的铭文中提到"画纻"。这些器物自然都是夹纻胎。东汉便出现了"侠纻"器之名。在早年著录的汉纪年漆器中[23]，从建武二十一年（公元45年）到永平十四年（公元71年），有6件漆器的铭文提到了"侠纻"二字。如建武廿八年（公元52年）蜀郡西工官造漆杯，铭为："建武廿八年，蜀郡西工造乘舆侠纻量二升二合羹棓，素工回，髹工吴……"经考察，该杯即是夹纻胎制成。可知此"侠"即"夹"，足证至迟东汉早期便有了"夹纻"之名。"夹"者，《说文解字》："持也。"段注："捉物必以两手，故凡持曰夹。""古多假侠为夹。"依此，"夹纻"便是持纻之意。

3. 木胎夹纻。始见于战国中期，东汉后明显增加，见于著录的建武二十一年漆耳杯、建武二十八年漆耳杯、建武三十年漆耳杯、永平十二年神仙画像漆盘等皆属此类[44]。黄文弼《罗布淖尔考古记》在谈到罗布淖尔出土的汉代漆器时说："就此地出土漆器而言，作法有三：一以纻布为胎涂漆者，如漆杯是也。一以木为胎，涂漆，如桶状杯……是也。一以木为胎，夹纻布之者，如漆扁形匣及诸残块是也。"[45]前者即夹纻胎，次者木胎，后者即木胎夹纻。此名的本意，亦如黄文弼云，"以木为胎，夹纻布之者"。但此"夹"非夹，而是粘、贴。1962年时，日本学者佐藤武敏又谓之"木心夹纻"[44]。

以上三种器胎使用较多，此外还有如下几种：

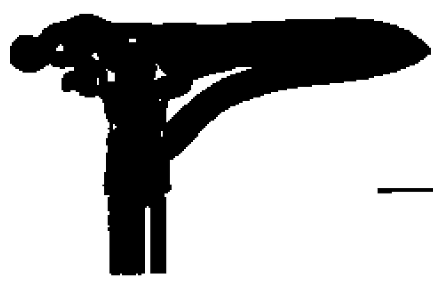
竹胎。如长沙马王堆1号汉墓出土有竹胎透雕龙纹漆勺[6]、成都凤凰山汉墓出土有红漆竹筒[46]、江苏邗江胡场汉墓出土有竹胎漆奁[33]，此外咸家湖西汉曹娱墓[41]等都有竹胎漆器出土。

铜胎。所见有清镇所出土的元始四年漆饭盒，广西贵县罗泊湾1号墓出土有蒜头形铜胎扁壶[12]，广州龙生冈43号东汉木椁墓出土有薄胎小盒[47]，山东诸城西汉中晚期墓出土有彩绘铜胎漆壶[48]等。

铁胎、铅胎。如山东临沂西汉墓出土有铁胎漆鼎、铁胎漆钫。山西朔县汉墓出土有铅胎漆箭，均残，只存箭杆，中心铁质，周围裹铅，外表髹漆[49]。山西浑源毕村汉墓出土有铅胎六博筹，外表髹漆[50]。

陶胎。光化五座坟西汉墓[51]、襄阳擂鼓台1号西汉墓[52]、阜阳双古堆汝阴侯墓[14]等都出土有陶胎漆器，有的甚至表里髹漆。临沂银雀山西汉墓出土有21件髹漆灰陶[21]。

皮胎。如江苏邗江胡场汉墓出土有皮胎漆箭箙[33]、山东临沂金雀山33号汉墓



出土有漆皮带[53]、广西罗泊湾1号汉墓出土有漆皮甲[12]。

骨胎。如山东诸城汉墓出土有骨胎漆圆盒[48]。

纱胎。如山东诸城西汉中晚期墓出土有漆纱1卷[48]。

(二) 兑漆技术的发展

兑漆的主要内容是加入着色颜料和油类。此两项技术大约战国时期皆已发明。汉代漆器仍以黑、红为主。如作为汉广陵国故地的扬州曾多次发现过成批漆器，常在黑漆地或朱红地上，用朱红、赫红、金黄、土黄、银白、乳白、粉绿、暗绿、深绿、蓝紫等构成各种纹饰，线条细腻匀称，别具一格。杞县许村岗汉墓内棺顶部用漆和油彩绘出龙、鹤、鱼等精美图案。

一般认为，汉代兑漆所用之油可能依然是荏油。先秦着色剂种类已经不少，但因未进行科学分析，故很难说得具体。大约汉代着色剂种类更多一些，从现有分析资料看，可能有氧化亚铁、油烟（着黑色）、硫化汞（着红色）、石黄（着黄色）等。日本大阪市立工业研究所村田弘曾对汉乐浪王盱墓3件漆器残片作了光谱分析，对我们了解其着色剂种类有一定的帮助。其1号试样表面呈褐黑色，含有Fe、Al、Si、Ti、Mg、Ca、Cu，以及微量的Na和Pb；其内层呈朱红色，含Fe、Al、Si、Ti、Mg、Ca、Cu，以及微量的Hg、Na、Pb。2号试样表、里均呈黑色，含Fe、Al、Ti、Mg、Ca、Cu。3号试样呈黄色，含Fe、Al、Si、Ti、Mg、Ca、Cu，并有As、Pa的痕迹。人们推测，1号试样表层着色剂是氧化亚铁，里层使用了硫化汞；2号试样着色剂是氧化亚铁和油烟；3号则使用了石黄（As_2S_3）[44]。硅、铝、镁等元素可能是一种污染。汞是易于挥发的物质，故今残留量较低。

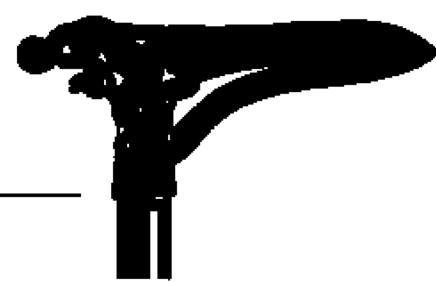
(三) 阴干

在秦汉髹漆工艺中，人们十分强调荫室操作。《史记》卷一二六“滑稽列传·优旃”云:“二世立，又欲漆其城。优旃曰：善，主上虽无言，臣固将请之。漆城虽于百姓愁费，然佳哉；漆城荡荡，寇来不能上，即欲就之，易为漆耳，顾难为荫室。于是二世笑之，以其故止。”构筑“荫室”的目的，主要是为了造成一个具有适当温度、湿度和通风条件的工作空间，以利于漆之阴干。《髹饰录》“利用”第一“荫室”杨明注:“荫室中以水湿则气薰蒸，不然则漆难干。”

(四) 装饰技术

考古发掘的汉代漆器习见精美之作，既富丽堂皇、雍容华贵，又别致典雅。从制胎、髹漆到装饰，都表现了高超的技艺。下面仅介绍几种常见的装饰工艺：

1. 彩绘。这是漆器最为基本的装饰之一，因漆料中需加入油料，故古人又谓之油画。《后汉书》卷三九“舆服制”:“大贵人、贵人、公主、王妃、封君，油画軿车。”此油画軿车，当指用油漆绘彩的车子。当时对彩绘方式已有了一定认识。《淮南子·说山训》:“染者，先青后黑则可，先黑而后青则不可。工人下漆而上丹则可，下丹而上漆则不可。万事由此所先后上下。”此说凡事都要遵循一定的规则和先后次序。倒数第二、三句意即：若在丹色上髹漆，丹色便为黑色掩盖。这显然是一种生产经验的积累。彩绘之事当时已使用得较为普遍。《盐铁论·散不足》:“今富者，黼绣帷幄，涂屏错跗。中者锦绨高张，采画丹漆。”有关考古实物较多，不再枚举。



2. 镶嵌

漆器之镶嵌始见于大甸子夏家店下层文化，汉代亦常有使用，其中值得一提的是螺钿、金银镶嵌、多宝镶。

螺钿。又叫“坎螺”。《周易·说卦》云:“坎为水，为沟渎，为隐伏。”《周易·序卦》:“坎者，陷也。”所以“坎螺”即是陷螺，亦属镶嵌漆器范围。钿，原指金花，此转义为陷，即指贝壳金银等镶嵌工艺。《北史》卷九五“赤土国传”:“主榻后作一木龛，以金银五香木杂钿之。”这是文献记载中，较早用“钿”来表示镶嵌工艺的一个地方。依构图之需，陷入之“螺”可用贝片，亦可用贝屑、螺泡。螺钿亦始见于大甸子夏家店下层文化，商、西周时有了一定发展。汉墓中所见不是太多，唯马王堆2号墓（西汉初年）个别铜器上加饰有铜钔和螺钿[7]；及唐，又才发展起来。

金银镶嵌。工艺要点是先将金银饰片（箔）用胶漆平粘到素地上，空白处填漆，之后全面髹漆数重，并晾干细磨过，至金银纹与漆面平齐而又得以脱露于漆面中。它应是在贴金银的基础上发展过来的，唐代又谓之金银平脱。明黄成《髹饰录》“填嵌”第七载:“镶金、镶银、镶金银，右三种，片、屑、线各可用。有纯施者，有杂嵌者，皆宜磨显揩光。”[54]可见在黄成看来，漆器之镶金银，与金银平脱的基本操作是一致的①。从有关考古发掘看，漆器表面的金银镶嵌技术约发明于西汉前期，主要是镶银器，如安徽阜阳双古堆西汉前期墓出土有柿蒂纹银平脱漆奁等[14]。西汉后期和东汉，这技术就普遍使用起来，江苏海州西汉侍其繇墓（西汉中晚期）出土一套小漆盒，其盖顶有银平脱四叶纹或三叶纹[55]；网疃庄汉墓（西汉末东汉初）漆盒盖上有银平脱四叶纹等[56]。山东莱西岱野西汉中晚期墓漆奁盖有银平脱花瓣，髹漆胭脂盒、梳篦盒、粉盒盖上亦有银平脱饰等[57]。王世襄亦认为，这些镶嵌银饰的漆器与唐代的金银平脱已没有什么差别[54]。此外，也有学者对上述汉代漆器到底是镶金银、金银平脱，还是贴金银存有疑虑。原因是金银箔太薄，它在漆器表面上是平出的还是凸出的，往往不易分辨。此可以进一步研究，今仍尊重原发掘者的判断。

汉代文献中也有了以金箔装饰漆器的记载。《后汉书》卷三九“舆服志”载：“乘舆、金根、安车、立车，轮皆朱班重牙，贰毂两辖，金薄缪龙为舆倚较。”徐广曰:“缪，交错之形也。较在箱上。”此金箔装饰到底是贴金还是镶金，从字面上不易分辨。这是我国古代文献中较早提到“金薄（箔）”一词的地方。此外，狐刚子《出金矿图录》[58]还用到过“金箔”一词。

玉石镶嵌。镶玉漆器在汉代文献中常可看到。《盐铁论·散不足》云:“中者舒玉纻器。”这是明白地说到了漆器（纻器）镶玉的。还有的文献虽说得不是十分明白，但也应是漆器镶玉之作。如《史记·司马相如传》载：天子“乘雕玉之舆”。郭璞注:“刻玉以饰车也。”因汉代车子一般皆髹漆，故刻玉饰车当即漆器镶玉。考古发掘中的镶玉漆器所见较多，如满城汉墓一件大型漆棺，内壁镶玉板192块，外

① 从道理上讲，贴金银、金银镶嵌、金银平脱应是有区别的，但实际上人们通常只作“金银平脱”式生产，且亦将此工艺称之为“镶金银”，故往往又将二者混同为一，有关情况唐代部分还要谈到。

壁镶玉璧26块。此外还出土了许多其他镶玉漆器，只可惜漆器腐朽而脱落，器形难辨[16]。在汉代镶玉漆器中，数量较多的要算玉具剑。《晋书·舆服志》:“汉制自天子至于百官无不佩剑。”其中较为贵重的一种便是剑鞘镶玉之剑，即常说的玉具剑，其在考古发掘中亦常看到。

玛瑙镶。玛瑙在漆器上有时与金银一起镶嵌，有时单独使用。如前云海州网疃汉墓漆奁和漆盒上，贴有三叶或四叶柿蒂形银薄，每叶中心嵌鸡心形玛瑙小珠[56]。徐州石桥汉墓的漆杖首，嵌有10多颗淡黄色玛瑙[59]。

多宝镶嵌。即集玉石、玛瑙、象牙、玳瑁、云母、金、银等宝物为一器者。《西京杂记》卷一载:“天子笔管，以错宝为跗，笔皆以秋兔之毫，官师路扈为之。以杂宝为匣，厕（侧）以玉璧翠羽，皆直百金。”同卷又说:“高祖斩白蛇剑，剑上七彩珠、九华玉以为饰，杂厕五色琉璃为剑匣。”同书卷二载:“武帝为七宝床，杂宝案、厕宝屏风、列宝帐，设于桂宫，时人谓之四宝宫。”此“七宝床”之宝为何物，文中未曾说明，从有关文献记载和考古资料推测，很可能是玉石、象牙、玛瑙、玳瑁、云母，以及金银等物。这种多宝镶嵌在考古发掘中亦不乏见。山东五蓬张家仲崮汉墓所出漆奁1件，残，只存银釦和漆木残片，镶有珍珠、金箔、银质和骨质的动物形饰片[60]。满城2号汉墓1件漆奁，错金银，镶有绿松石和玛瑙[16]。北京大葆台西汉燕王刘旦墓漆器有的镶嵌玛瑙、玳瑁、云母、鎏金铜沓、柿蒂铜饰，贴金银箔等[61]。这类多宝嵌在许多时代都有使用，明代又谓之“百宝嵌”。

3. 釦器。这是用金属加固的漆器，品种有铜釦、银釦，以及镀金的银釦等。始见于战国，汉时有了较大发展，全国南北不少地方都有出土。长沙马王堆2号墓（西汉初期）出土有铜釦[7]，安徽阜阳双古堆汝阴侯墓出土有银釦[14]，山东临淄西汉初年齐王墓出土有银釦、铜釦[62]，河北满城汉墓出土有银釦[16]，北京大葆台西汉燕王墓出土有镀金的铜釦[61]，扬州西汉“妾莫书”墓出土有银釦、镀金铜釦[31]，长沙砂子塘西汉墓出土有银釦盒[63]，安徽天长西汉墓出土有银釦，广州龙生冈东汉木椁墓出土有木胎铜釦漆耳杯[47]，洛阳烧沟汉墓出土有鎏金铜釦等[64]，在此不再一一列举。此外，据说还有一种纯金釦器。宋程大昌《演繁露》卷一一“金釦器”条引云:“《续汉书》：桓帝祠老子，用纯金釦器。”《汉官旧仪》载:“太官尚食，用黄金釦器；中官私官尚食，用白银釦器。”[65]

我们分析过临淄稷山汉墓出土的两件釦器：（1）一件为鎏金铜釦，鎏金层成分为：金88.71%、铜11.228%。铜釦基体成分为：铜88.187%、锡7.090%、铅4.721%。此鎏金层中的铜可能是来自于铜釦基体。铜釦基体是一种含锡含铅量都不太高的铅锡青铜，其性坚韧。（2）一件为银釦，成分为：银93.74%、金6.259%。此金很可能是伴生的，也可能是有意掺入的。分析手段为扫描电镜能谱，标本承齐临淄故城博物馆张龙海提供。

釦器是一种高级工艺品，制作复杂，价格远在一般漆器、铜器之上。西汉扬雄《蜀都赋》云:“雕镂釦器，百伎千工。”《后汉书》卷一〇上载，和熹邓皇后为示节俭，曾敕“蜀汉釦器、九带佩刀，并不复调”。

4. 堆漆。有学者认为堆漆始于战国，也有学者认为它发明于西汉早期[11]。长



沙马王堆汉墓漆器中，黑地彩绘棺、红地彩绘棺、云纹长方形漆奁、云纹圆漆奁等都采用了堆漆法装饰[11]。据研究，其基本操作是先用白色凸起的线条勾边，后用红、绿、黄三色填出云气纹；白色线条或不曾用漆，而是用胶或其他物质调和的[7][66][67]。1961 年，长沙砂子塘西汉木椁墓外棺一端挡板的正中绘有一特磬，据研究，特磬上的谷纹是用稠灰堆起，然后描绘的，稠灰可能用漆调成[63][66]。

5. 戗金银。操作要点是：在干固了的朱色或黑色漆地上，用针或刀尖镂划出纤细的花纹，花纹之内打金胶，然后将金箔或银箔粘著于纹中，成为金色或银色的花纹[68]。其实它也是一种镶嵌。《髹饰录》"鎗划"第十一"鎗金"条杨明注，戗金银操作是："其文陷以金箔或泥金，用银者宜黑漆，但一时之美，久则霉暗。"此工艺唯"宜朱黑二质，他色多不可。"[69]戗金一名约始见于唐，《唐六典》载有十种黄金装饰工艺，其中便包括了戗金[70]。

戗金银工艺约始见于西汉中期，湖北光化县 3 号、6 号汉墓出土的两件漆卮，在黑漆地上用针刻出了虎、鸟、兔、怪人等纹饰，在这些物象间并刻有流云纹，所有刻纹内均填入了金粉[51][66]。但此"金粉"未必都是黄金之粉，亦可用其他黄色粉状物代替。

戗金银应是在刻纹铜器、填漆、刻纹漆器的基础上发展过来的。刻纹铜器始见于春秋晚期，战国时代便已相当成熟[71]；填漆始见于商，漆器表面针刻文字的技术在信阳长台关楚墓等中都可看到[72]；漆器素刻花纹的技术则在西汉早期就已相当成熟，在马王堆 1 号墓等中都可看到[6]。

第八节 玻璃技术的发展

秦汉玻璃技术比先秦有了一定发展，出土地域有了扩大，数量和品种也有了增加，更为重要的是生产了部分实用性器皿，以及玻璃板等。在秦汉时期，玻璃仍以铅钡系为主，但钾玻璃在南方也逐渐形成了独立的技术体系，模压成型技术也有了提高。西汉时期，外域玻璃开始传入中国，东汉时期便出土了一些钠钙玻璃和吹制、搅胎的外域玻璃制品。

一、汉代玻璃使用的一般情况

（一）国内玻璃出土的一般情况

目前在北抵内蒙[1]、辽宁[2]，西及甘肃[3][4]、青海[5]、新疆[6]、四川[7]、贵州[8]，南达广东[9][10]、广西[11][12][13]，东达江苏[14][15][16]的广大地域都有汉代玻璃出土，其总数约达 15 000 枚，其中出土量最多的是今广东、广西一带，两广是汉代玻璃的一个重要产地。1953 年，广州龙生岗东汉前期墓出土玻璃珠 1 965 枚[9]；到 20 世纪 80 年代中期为止，广州南越王时期和汉代的墓葬、遗址出土玻璃器计 9 700 枚上下[10][17]。1954～1955 年，广西贵县东汉墓出土玻璃珠 1 504 枚，玻璃碗 1 个[11]；至 20 世纪 80 年代中期为止，广西出土汉代玻璃器总数约在 4 320 枚以上[12]。中原地区出土也不少，1952 年，河南禹县出有"料器"蝉 10 枚、饰件 25 枚、"玻璃珠"1 枚、"料质管状器"2 枚[18][19]。汉代玻璃仍以饰器为主，种类主要有珠、管、璧、耳珰、环、琀带钩、玻璃小板、玻璃衣片等，但也出现了

部分实用性器皿，如杯、盘、碗、托盏、钵等。制作工精、器形复杂的玻璃器多见于王室大墓。此玻璃器皿和玻璃小板的出现，是汉代玻璃技术的一大进步。

在汉代玻璃器中，数量最多的仍是珠子，主要见于今两广地区。如广西，在出土的4 320多枚汉代玻璃器中，非珠饰类大约只有20枚上下。珠子有透明、半透明和不透明之别，颜色不尽相同，多呈单色；多为算珠形，少数为椭圆形、菱形、橄榄形等[12]。又如广州，南越王墓所出玻璃器中，有璧5件、鼻塞2件、牌饰约28件等，此外便是珠饰类。主棺室出土有玻璃贝70粒、玻璃珠数以千计；东侧室出土有串珠2 100粒，玻璃珠10颗；西耳室出土有蜻蜓眼式玻璃珠1颗[17]。大约在南越王时期和两汉时期，墓葬、遗址出土的非珠类玻璃器计只有40枚上下，亦以单色为主。广州西汉后期墓出土过一件表面镀金的玻璃珠[20]。像先秦那种复色“蜻蜓眼”式玻璃珠已经很少，南越王时期的墓葬只出土过3枚[10]。

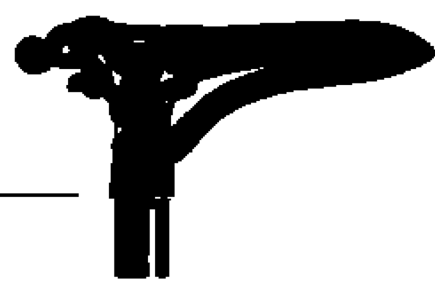
非珠类玻璃器稍少，器皿更少，所见器皿主要有：杯、盘、碗、钵等，南方北方都有出土。其中较值得注意的是徐州北洞山西汉中期墓，出土玻璃器计20件，其中便有筒形杯16件，件重超过了500克。其中标本6 103号口径8.4厘米、缘厚0.4厘米、高8.2厘米、底径8.5厘米。另有玻璃兽1件，只残半器，残长9.5厘米、宽6.7厘米、高5.8厘米，残重852克。还有蜻蜓眼式玻璃珠3件。此6103号杯更是我国最早的玻璃器皿，此玻璃兽则是迄今所见单件重量较大的玻璃器件。墓葬年代约为公元前140~前118年之间[14]。说明在西汉前期，我国玻璃生产技术已达一定水平。此外，满城汉墓出土有玻璃盘1件、耳杯2件，皆呈翠绿色，半透明，晶莹如玉。盘含钡较高[21]。其耳杯与汉墓出土的漆耳杯形制相同，杯、盘皆系中国制造[22]。广西出土的汉玻璃器皿约12件，即杯7件、碗3件、盘2件，杯的纹饰在汉代铜器、陶器上经常可以看到。盘的造型与满城汉墓的相近，自然为我国所产[12][13]。但对其中碗的产地，学术界则有不同看法，下面再谈。彩版拾贰，3、4为广西合浦出土的西汉玻璃璧和玻璃杯[13]。

在非珠类玻璃器中，数量最多的是1977年江苏邗江县“妾莫书”墓出土的玻璃衣片[23]，它原是盖于死者头部和身上的服饰，整套玻璃衣由600多块玻璃小板联缀而成。玻璃片计有长方形、梯形、多角形、圆形等11种，以长方形（6.2厘米×4厘米）居多，厚度均为0.4厘米。多为素面，少数圆形、长方形玻璃片上模印出蟠螭花卉纹饰；少数花蕊饰上见有一些金箔。玻璃衣片分为内外两层，内层呈半透明状，有气泡，基本上属于玻璃态，其中含有许多微小晶体；表层色灰白，成分与内层相近，含有较多的晶态物质，这很可能与自然风化和析晶有关。其蟠螭纹饰等都显示出中国传统的艺术风格[15]。

在所出汉代玻璃器中，还有一个很值得注意的品种，即玻璃小板，其主要见于南越王墓。东侧室出土2件，长方形，尺寸9.5×9.5×0.3厘米，浅蓝色，已残破，西耳室出土7对14块，皆长方形，亦呈浅蓝色，透明，尺寸相近，其中一块长10厘米、宽5厘米。它们都是嵌于铸制铜框上的[10][17]，应是本国所产。

（二）关于西方传入的玻璃

西方玻璃器是何时开始传入中国的？这是学术界长期争论不休的问题。前章说到，有学者认为是春秋时期，可惜无确切依据，但汉代是毫无疑问的。这不但



有大量的文献记载，而且有不少考古实物为证。

从现有研究情况看，西方玻璃传入我国的时间约可上推至西汉时期，这有两宗4件器物值得我们注意。一是1954年广州横枝岗西汉中期墓出土的3件玻璃碗，其大小相同，口径10.6厘米，底径4厘米，厚0.3厘米，色深蓝，透明，内壁光滑如镜，外壁有些发毛，可能与长期使用摩擦有关[10][24]。因其形制有些特殊，有学者认为其属罗马玻璃[22]。二是1956年长沙西汉墓出土的玻璃矛，色浅蓝，通体透明，全长18.8厘米；刺身较短，长约9厘米。两刃之间最宽处2.6厘米；有脊棱，脊侧有血槽。柄长9.8厘米，柄部最大直径为1.2厘米。表面有打磨痕迹，稍带白色；内部的玻璃质感较强，可见少数小气泡，质坚而脆。比重约2.47克/厘米^3，入葬时间约属西汉中期。有关学者认为，因其形制与中国传统铜矛存在一定差别，比重与钠钙玻璃较为接近，当系西亚或古罗马传来[25]。这些说法都有一定道理，若能再作一下定量分析，问题便更为清楚一些。

东汉时期，具有西方风格和成分的玻璃器更多了起来，而且南方北方都有出土。有学者认为，广西贵县东汉墓出土的2件玻璃碗、贵县南斗村东汉墓出土的1套托盏，都应是罗马制造的[22]。1980年江苏邗江甘泉2号汉墓（公元67年）出土玻璃钵1件（3块可对合的残片），属搅胎玻璃，紫黑色和乳白色相间，透明，模压而成，外壁有模型的辐射形凸棱纹饰，系钠钙玻璃，一般认为它也是罗马传来[22][26]。青海大通东汉墓出土的4件玻璃珠，属钠钙型和钠镁系玻璃，亦属西方玻璃系[5]。

（三）汉代文献的有关记载

在秦汉词语中，尚无与玻璃相应的名称。文献中所谓“流离”、“瑠璃”、“琉璃”一词，有时可能指玻璃，有时却是他指。但值得庆幸的是，此期出现了一些关于玻璃生产的记载，有的还较明确。

《汉书》卷八七上“扬雄传”载其《羽林赋》云：“方椎夜光之流离，剖明月之珠胎。”《盐铁论·力耕第二》云：“璧玉、珊瑚、瑠璃，咸为国之宝。”《西京杂记》卷一又说：“高祖斩白蛇剑，剑上七采珠九华玉以为饰，杂厕五色琉璃为剑匣，在室中光景犹照于外。”同书卷二说：“武帝时，身毒国献连环羁，皆以白玉作之，玛瑙石为勒，白光琉璃为鞍。鞍在暗室中常照十余丈，如昼日。”[27]此四段引文中的“流离”、“瑠璃”或“琉璃”，真实含义今已很难分辨，可能指玻璃或相近的人工烧制物，也可能指水晶类。“流离”一词出现的时间可能稍早于“琉璃”。《本草纲目》卷八“琉璃·释名”李时珍曰：“《汉书》作流离，言其流光陆离也。”

《西京杂记》卷一说：“赵飞燕女弟居昭阳殿……窗扉多是绿琉璃。”[27]《汉武故事》载：“武帝好神仙，起伺神屋，扉悉以白琉璃作之，光照洞彻。”[28]此两段文献中的“琉璃”，很可能是一种建筑装饰，属玻璃的可能性较小。

王充《论衡·乱龙篇》载：“今伎道之家铸阳燧，取飞火于日，作方诸取水于月，非自然也，而天然之也……五月丙午日中之时，消炼五石铸以为器，乃能得火。”此“阳燧”，冶金史研究者常说其为青铜质[29]，但部分玻璃史研究者却指其为玻璃质[30]。其原文较为简单，单从这字面上很难作出明确的判断。但从大量文献记载和考古实物看，由汉魏一直到唐宋，道家和民间用于取火的阳燧基本上都

是青铜质的，玻璃阳燧可能也有，但目前尚未见于报道。道家取水所用方诸，也多是青铜质，未闻玻璃质者[29]。我们认为，“乱龙篇”中的阳燧应以释之为青铜质为宜。

《论衡·卒性篇》云：“《禹贡》曰璆、琳、琅、玕者，此则土地所生真玉珠也，然而道人消炼五石，作五色之玉，比之真玉，光不殊别。”① 即是说，璆、琳、琅、玕皆是天然自生的真玉；而道人消炼五石所作“五色之玉”，其光泽与真玉并无差别。显然，此“五色之玉”应当是玻璃。这是汉代文献中关于玻璃生产最为明确的记载。此作为玻璃原料的“五石”含义不明。葛洪《抱朴子》认为是雄黄、丹砂、慈石、矾石、曾青[31]；杨伯达认为其即清孙廷铨《颜山杂记》“琉璃”条所云马牙石、紫石、凌子石、硝石以及金属矿物等[32]。笔者认为此五石应当是泛指，“五”言多，未必正好是五之数；石，即是与所制器物相应的矿石。它会因玻璃质地、时代不同而略有不同，未必是葛洪或孙廷铨说的五种。“五石”原是附和五行说之用语。

汉代文献还谈到过中外璧琉璃交流的情况。

《汉书》卷二八下“地理志·粤地”说今印度半岛的古黄支国，“民俗略与珠崖相类，其州广大、户口多，多异物，自武帝以来皆献见。有译长，属黄门，与应募者俱入海市明珠、璧流离、奇石异物，赍黄金、杂缯而往”。又，《汉书》卷九六上“西域传”载：罽宾国产“珠玑、珊瑚、虎魄、璧流离”。此“璧琉离”的真实含义不明，但结合到下文将要谈到的东晋时期，交、广二州与外域的玻璃交流，以及古印度、罽宾产玻璃的情况，其属玻璃的可能性还是较大的。若此说无误，则早在西汉，玻璃等奇异之物便以贡品或商品形式传入了我国，汉武帝以来还曾派人前去采买。

《后汉书·西域传》载：“大秦国一名犁鞬，以在海西……土多金银奇宝，有夜光璧、明月珠、骇鸡犀、珊瑚、琥珀、琉璃、琅玕……”此大秦国即古罗马，其产玻璃，故这大秦国“琉璃”有可能是玻璃。

二、汉代玻璃的成分选择和成型技术

（一）成分选择

表3－8－1为国内学者分析的65件秦汉玻璃器、料器成分，有关试样分别出土于广西（29件）、广东（7件）、青海（10件）、江苏（6件，北洞山玻璃杯风化物不列入内）、甘肃（2件）、河南（2件）、湖南（2件）、云南（2件）、山东（3件）。另有2件出土地点不明。广西玻璃出土量较多。65件标本，粗略分来，约包括4系11型：

1. 铅钡系，5型21件。

$PbO-BaO-SiO_2$型，1件，即扬州西汉晚期“妾莫书”墓玻璃衣片Z1。但其内层的PbO和BaO含量都较高，分别为40.37%和21.49%；但表层（Z1B）的PbO量达50.39%，BaO量却仅有3.6%。我们认为，此一涨一落，很可能与玻璃衣片风化所造成的BaO流失、PbO富集有关。

① 《禹贡》“梁州”：“厥贡璆铁银镂。”孔氏传：“璆，玉名。镂，刚铁。”《禹贡》“雍州”：“厥贡惟球琳琅玕。”孔氏传：“球、琳，皆玉石。琅、玕，石而似玉。”

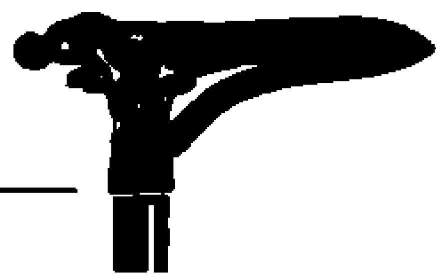
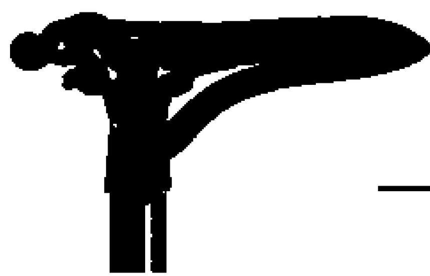


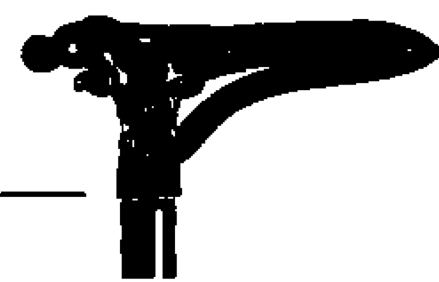
表 3 - 8 - 1　　秦汉玻璃成分分析

样号	名称　颜色	成　分（%）										文献
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	PbO	BaO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	其　他	
LJZ1	洛阳金村秦代料珠，无色	34.42	0.92	0.92	43.2	12.58	0.12	0.34	1.02	4.32		[37]
LJZ2	洛阳金村秦代料珠，蓝色	41.9	4.4	4.4	24.5	19.2	4.5		4.5	4.5	CuO 少量	[37]
A1	卷发络腮胡须人头坠子（战国西汉）	54.64	5.96	1.0	26.01	4.02	5.47		0.82		CuO? 0.57	[43]
A2		50.89	6.88	3.37	8.69	20.66	4.31		0.93	2.16		[43]
A3	无下巴人头坠子（战国、西汉）	49.64	3.58	1.62	27.62	6.21	3.77		0.55	4.13	CuO? 0.26 MnO_2 2.06	[43]
C181	南越王墓汉初平板玻璃，浅蓝	42.46	0.18	0.09	33.73	12.83	3.79	0.43	0.05	5.01	CuO 0.04 MnO_2 0.06	[33]
C211	南越王墓汉初平板玻璃，浅蓝	40.49	0.95	0.09	33.35	11.93	5.41	0.89	0.34	6.03		[33]
C192	南越王墓汉玻璃璧，乳白色	42.03	1.56	0.03	38.73	10.85	1.24	0.67	0.77	4.4		[33]
C140	南越王墓汉串珠，蓝色	41.0	1.71	0.73	25.0	21.89	2.74	1.2		5.8		[33]
WHG-3	徐州北洞山玻璃兽	39.18	0.96	0.2	41.28	11.15	0.85	0.1	0.26	3.66		[14]
WHG-4	徐州北洞山深蓝玻璃块	41.63	1.52	1.46	25.64	19.46	1.96	0.76	0.15	4.23		[14]
WHG-1	徐州北洞山玻璃杯残片	34.66	1.48	0.11	39.25	16.23	0.42	0.1	0.11	3.65		[14]
WHG-2	徐州北洞山玻璃杯残片	34.4	1.56	0.13	39.51	15.84	0.36	0.1	0.18	3.57		[14]
	徐州北洞山玻璃杯残片风化物	14.17	1.60	0.17	48.3	9.47	2.15	0.1	0.11	0.1		
GH-6	甘肃酒泉汉玻璃耳珰，蓝紫色	49.33	1.42	0.48	21.62	10.5	3.16	1.4	0.51	9.3	CuO 0.09 CoO 0.04 MnO_2 0.03	[3]
Z1	妾莫书玻璃衣片，内层	36.03	0.02	0.07	40.37	21.49	0.22	0.08	0.07	2.27		[15]
	（Z1B）妾莫书玻璃衣片，外层	30.27	0.12	0.32	50.39	3.6	0.7	0.03	0.04	2.28		
G1	合浦西汉玻璃珠，蓝色	81.2	2.69	0.65			1.0	0.49	12.16	0.79	MnO_2 0.36	[12]
G2	合浦西汉玻璃珠，蓝色	78.22	2.56	1.28			1.45	0.27	13.81	0.41	MnO_2 1.85 TiO_2 0.14	[12]
G3	合浦西汉玻璃珠，蓝色，半透明	74.75	3.20	1.35			0.6	0.28	15.54	0.18	MnO_2 1.7 CoO 0.063	[12]
G4	合浦西汉龟形玻璃器，蓝色，半透明	77.87	1.55	2.14			1.42		16.97			[12]
G5	广西贵县西汉玻璃鼻塞，绿色，半透明	39.87			34.4	17.4	0.29			7.2	CuO 0.81	[12]
G6	合浦西汉玻璃杯，蓝色，半透明	73.83	1.75				3.47	0.57	17.6		MnO_2 1.41	[12]
H3	贵县西汉玻璃杯	77.5	4.03	0.77				0.69	15.38	1.53	Cl 0.1	[12]
H4	贵县西汉玻璃杯，绿色	74.66	6.24	0.27			0.76	0.57	15.66	0.65	Cl 0.75	[12]
HM1	广州西汉后期玻璃珠，月白色	76.97	7.15	0.57			0.67	0.28	13.72	0.49		[10]
H7	合浦西汉晚期玻璃杯，淡青色	79.69	2.14	1.36			0.41	0.01	16.22		CuO 0.22	[13]
	考古所藏西汉料片	72.75	1.98	1.98			1.07		18.58			[37] [38]
GH-10	云南晋宁西汉算珠状玻璃珠，蓝色	77.87		0.47			2.33		17.22		MnO_2 1.37	[42]
GH-11	云南江川西汉六棱柱形珠，绿色	81.36	2.70				1.80		14.27			[42]
GH-13	广州西汉算珠状物，蓝色	71.98	3.36	1.65			1.43	1.33	15.27	1.46	CuO 0.08 CoO 0.05 MnO_2 1.47	[42]
GH-14	广州西汉算珠状物，另一件	71.70	4.81	1.57			0.69	0.42	16.38	0.35	CoO 0.03 MnO_2 1.42	[42]



（续表）

样号	名称　颜色	成　分（%）										文献
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	PbO	BaO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	其　他	
GH－17	长沙西汉黑蓝色算珠状物	80.27	4.25	2.23					9.62		MnO_2 3.15	[42]
GH－15	合浦西汉蓝色珠状物	74.71	2.96	1.35			0.61	0.28	15.52	0.18	CoO 0.063 MnO_2 1.7	[42]
GH－16	合浦西汉特形蓝玻璃珠	76.9	2.56	1.36			1.42	0.23	14.9	0.73	CoO 0.073 MnO_2 1.85	[42]
C3	合浦西汉蓝色圜底杯	73.69	5.68	0.73				0.66	16.53	1.58	CuO 0.25 MnO 0.69	[44]
C4	合浦西汉蓝色圜底杯	74.62	5.36	0.71			0.68	0.41	16.01	1.56	MnO 0.64	[44]
C6	合浦西汉天蓝色圜底杯	78.29	1.99	0.56			0.12		17.28		CuO 1.67	[44]
C10	贵港西汉无色珠	80.71	2.25	0.43			1.22	0.19	14.17	0.23		[44]
C13	合浦西汉蓝玻碎片	79.0	1.41	0.56		0.04	1.64	0.22	14.10	0.58		[44]
C14	合浦西汉蓝色珠	75.8	2.74	1.20		0.09	1.30	0.35	14.50	0.21		[44]
C15	合浦西汉酱色珠	74.84	4.37						14.20		MnO 4.03	[44]
C16	合浦西汉绿色珠	77.20	5.90						15.83		CoO 1.05	[44]
C17	西林西汉紫色小珠	76.54	1.61				1.14		17.63		MnO 3.04	[44]
C22	合浦西汉蓝色玻璃管	79.10	1.86	1.50		0.02	2.05	0.50	10.40	0.87	MnO 0.08	[44]
C18	贵县东汉料珠	92.78	2.39	0.42			0.34	0.41	0.88	1.85	CuO 0.78	[44]
GH－18	酒泉东汉耳珰，蓝色	77.45	2.15	1.21			1.48	0.4	13.80	0.52	CoO 0.04 MnO_2 0.81 CuO 0.03	[42]
G7	广西昭平东汉玻璃珠，绿色	83.9	2.93				1.18		11.03	1.38		[12]
G8	广西昭平东汉玻璃珠，绿色、砖红色	65.9	4.13	1.12			2.15	2.83	15.88	2.48	P_2O_5 1.92 MnO_2 0.22 CuO 2.25	[12]
G9	昭平东汉玻璃耳珰，墨绿色	55.04	1.99	0.315	22.28	8.82	2.67	2.24	0.27	5.1	Cl 1.74	[12]
G10	广西贵县东汉玻璃耳珰，墨绿色	78.11	3.22	1.25				0.68	13.76	1.56	MnO_2 1.52	[12]
G11	广西贵县东汉玻璃杯，淡青色，透明	76.28	3.28	0.47			0.54	0.45	15.43	0.27	TiO_2 0.17 P_2O_5 0.22	[12]
G12	广西贵县东汉玻璃杯，蓝色，不透明	74.94	4.6	0.6			0.03	0.18	15.97	0.16	CuO 1.24 MnO_2 1.52 P_2O_5 0.45	[12]
N1	扬州东汉玻璃钵，搅胎	64.79	3.44	1.3			7.66	0.61	0.88	18.18	CuO 0.03 MnO_2 2.45	[16]
	常德东汉绿色料珠	28.53	1.13	0.17	65.36		0.06	0.04	0.06	2.4	CuO 0.45 Cl 1.74	[39] [40]
G11	东汉蓝色玻璃小珠			2.0	0.4		1.9	0.4	15.3	2.9	CuO 0.04 CoO 0.07 MnO_2 1.3	[41]
H8	广西贵县东汉玻璃盘，青绿色	77.7	3.17	0.78					16.8		CuO 0.162	[13]
S1	青海大通西汉T形耳珰，绿色，ICP分析法	35.06	1.09	0.3	42.28	11.71	2.38	1.79		5.29	CuO 0.53	[5]
S3	大通西汉玻璃珠，深蓝色，AAS分析法	77.78	3.98	1.97			0.55	0.29	14.16	0.34	CoO 0.12 MnO_2 0.25 Cl 1.54	[5]
	大通西汉玻璃珠，深蓝色，EDX分析法	78.05	4.39	1.83					13.78			
S4	大通东汉前期玻璃耳珰，绿色，ICP分析法	39.18	0.38	0.22	37.26	15.79	0.45	0.12		4.62	CuO 0.13	[5]



（续表）

样号	名称　颜色	成　分（%）										文献
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	PbO	BaO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	其　他	
S5	大通东汉玻璃耳珰、蓝色，ICP 分析法	54.32	0.85	0.63	17.12	11.13	3.65	0.95	1.69	6.27	CoO 0.04 Cl 1.85	[5]
	大通东汉玻璃耳珰、蓝色，EDX 分析法	52.26	2.33	0.34	19.33	9.51	2.31	2.07	1.48	9.16	MnO 1.37	
S6	大通东汉晚期玻璃耳珰，蓝色	45.85	1.66	0.14	27.25	12.93	0.77	2.16	0.34	9.31	Cl 1.28	[5]
S8	大通东汉前期玻璃珠子，淡黄色，ICP 分析法	68.11	2.11	1.04			4.71	0.54	0.11	18.23	Cl 0.83 MnO_2 1.3	[5]
S9	大通东汉前期玻璃珠子，金色	64.49	7.28	0.93			5.9	2.24	0.7	17.6	Cl 1.19	[5]
S10	大通东汉晚期玻璃珠，镀金	65.44	4.02	0.87			8.16	2.26	0.59	17.35	Cl 1.05	[5]
S11	大通东汉玻璃珠，肝红色	57.38	8.59	0.19			2.62	5.28	0.84	23.48		[5]
S12	青海大通东汉料珠，涂绿釉	89.11	4.81	1.67				0.68	1.15	2.07		[5]

注：（1）扬州玻璃衣片 Z1 含有少量晶态，大通料珠 S12 多为晶态而只含少量玻璃态，严格说来此 2 件标本皆属琉璃、费昂斯范围的，今依原著，权且当成了“玻璃”，暂列如此。

（2）除表中所列，广西贵县东汉玻璃杯 G11 尚含 CuO 0.01%、Cl 0.1%。玻璃珠 G8 尚含 Cl 0.46%。

（3）大通玻璃中，标本 S9～S12，皆用 EDX 法。文献［12］所引标本皆化学分析。

（4）扬州西汉晚期妾莫书墓玻璃衣片（半透明）Z1 中，尚含有许多微小的晶体，故其只呈半透明状。此标本分析数据中，各组分总量仅 87.75%；若折算为 100%，各组分则依次为：34.5%、0.14%、0.36%、57.42%、4.1%、0.8%、0.03%、0.04%、2.6%。

（5）原报告说 A1、A3 还分别含有少量 0.57% 和 0.26% 的 CaO，疑为 CuO 之误。

（6）除表中所列，标本 A1、A2、A3 还含有少量 ZnO、SrO，略。

（7）北洞山玻璃中，标本 WHG－1、WHG－2（玻璃片）、WHG－3，用原子吸收光谱法分析；标本 WHG－2（风化物）、WHG－4 用等离子发射光谱法分析。

$PbO-BaO-Na_2O-SiO_2$ 型，17 件。包括洛阳金村秦代无色料珠 1 件（LJZ1）、西汉初期的广州南越王墓 4 件、西汉中期徐州北洞山 4 件、甘肃酒泉汉墓 1 件（GH－6）、青海大通西汉墓 1 件（S1）和东汉墓 3 件（S4、S5、S6）、广西西汉（G5）和东汉（G9）墓各 1 件。可见其分布地域较广，在两广和甘肃、青海都可看到，并以广州、徐州、大通出土较多，由汉初到东汉都有使用。此型玻璃的部分成分范围是：Na_2O 4.32%～9.31%，PbO 17.12%～43.2%，BaO 8.28%～21.89%。有两件标本的 Na_2O 量超过了 9%。另外，洛阳金村秦代蓝色料珠 LJZ2 理应属 $PbO-BaO-K_2O-Na_2O-CaO-SiO_2$ 型，为简化起见，并入 $PbO-BaO-Na_2O-SiO_2$ 型。此器成分较为复杂，K_2O、Na_2O、CaO 的含量皆为 4.5%，它们对玻璃性能的影响都较重要。

$PbO-CaO-BaO-SiO_2$ 型，1 件，即传为沂南出土的卷发络腮胡须人头坠子 A1。

$BaO-PbO-CaO-SiO_2$ 型，1 件，即传为沂南出土的卷发络腮胡须人头坠子 A2。

$PbO-BaO-CaO-SiO_2$ 型，1 件，即传为沂南出土的无下巴人头坠子 A3。

2. 铅系，1 型 1 件。

$PbO-Na_2O-SiO_2$ 型，即湖南常德东汉绿色料珠，PbO 含量达 65.37%。

3. 钾系，2 型 37 件。

K_2O-SiO_2 型，36 件，属西汉的广西有 20 件、云南 2 件、广州 3 件、湖南 1 件、青海 1 件；属东汉的广西有 6 件、甘肃 1 件；此外还有不明出土地点的西汉料片 1 件，东汉蓝玻璃小珠 1 件。可知其主要出土于广西，西汉和东汉都有使用；西北的甘肃、青海也有出土，但数量较少。此玻璃的 K_2O 含量介于 9.62% ~18.58%。

$K_2O-CaO-SiO_2$ 型，1 件，即广西合浦西汉蓝色玻璃管(C22)。

4. 钠系，3 型 6 件。

$Na_2O-CaO-SiO_2$ 型，4 件，即扬州搅胎玻璃钵(N1)，大通珠子(S8、S9、S10)，皆属东汉时期，含 Na_2O 量皆处于 17.35% ~18.23% 之间，平均 17.84%；CaO 量处于 4.71% ~8.16% 之间，平均 6.61%。

$Na_2O-MgO-SiO_2$ 型，1 件，即青海大通出土的东汉玻璃珠(S11)。其 Na_2O 和 MgO 的含量分别为 23.48% 和 5.28%。可见这钠镁含量不低。

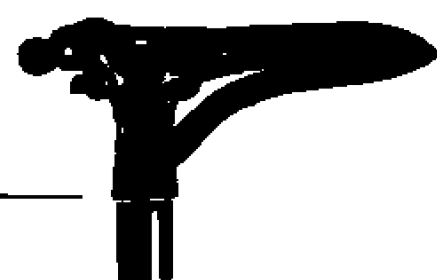
Na_2O-SiO_2 型。1 件，即青海大通出土的东汉玻璃珠(S12)。其 Na_2O 和整个熔剂量都较低。

以上 65 件标本成分分析的基本情况：(1) 数量最多的是钾系，计 37 件，占标本总数的 56.92%。我国硝的产量较多，有关利用硝石制作玻璃、火药的记载，下述多章都要谈到。(2) 其次是铅钡系，计为 5 型 21 件，占标本总数的 32.3%。此相当大一部分属铅钡钠型。若与下章将要谈到的自然灰冶"琉璃"之事联系起来，问题便更好理解一些。(3) 单纯的铅玻璃在秦汉时期依然是数量较少的。(4) 此 4 系 11 型中，前 3 系 8 型大体上都应当是中国制造的[33]，不但成分反映了中国玻璃的传统技术，而且有关器物，如耳珰、珠子、衣片等的外形，都具有明显的中国传统特征[5][12]。我国不但较早地生产了含铅、含钡较高的玻璃，而且显示了较大的连续性；高铅玻璃在我国一直沿用到清代。高钡玻璃在先秦两汉都可看到，在西方，这种玻璃较少，且不太连续。K_2O-SiO_2 系器物亦具有明显的中国特征，高钾玻璃在西方也是不曾多见的。广西贵县和昭平的东汉墓都出有玻璃耳珰（表 3-8-1，G9、G10），颜色、造型都十分相似，但昭平耳珰为 $Na_2O-PbO-BaO-SiO_2$ 系，贵县耳珰为 K_2O-SiO_2 系[34]；两者外形都具有中国风格，这便互相作了印证，说明它们皆系中国所产。(5) 在 4 系 11 型中，$Na_2O-CaO-SiO_2$ 型和 $Na_2O-MgO-SiO_2$ 型一般认为是外来之品，不但其成分与西方玻璃相类似，且器形与中国的传统风格也有别[5][22]。但在此有一点需要说明的是：此统计数字有较大的随机性，未必十分全面、准确。

（二）成型技术

与先秦同样，两汉及至东晋，我国玻璃依然主要是采用铸造、模压等方式成型的。

玻璃之模压成型技术始见于先秦时期，汉代又有了一些发展。这类例子较多，如 1957 年广西贵县东汉墓所出圜底杯，高 4.0 厘米，口径 7.7 厘米，厚 1 厘米；广口，直腹，蓝色，半透明，模压成型。又，1985 年广西合浦县文昌塔西汉墓所



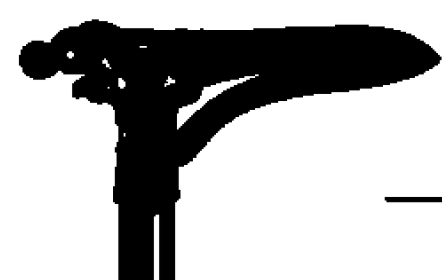
出土的龟形器，呈透明状，开细小冰裂纹，模压成型。再，贵县罗泊湾西汉墓所出鼻塞，呈圆钉帽状，绿色透明，模压成型[12]。再，1986 年安徽天长西汉初年墓出土的玻璃璧残段，璧厚约 3 毫米，复原直径约 15 厘米，深绿色，半透明；一面印有凸起的涡纹，色泽光亮，另一面粗糙不平，表层风化，模压成型[35]。

现在讨论一下“妾莫书”墓玻璃衣片成型工艺。自然，其模压特征是十分明显的：(1) 其虽有 11 种类型，但每一种的尺寸基本一致，厚度皆为 4 毫米。(2) 部分玻璃衣片是有纹饰的，但饰纹四边无棱角，底部深浅一致，毫无雕镂痕迹[15]。若非模压，是很难达到这种效果的。但关于模压的具体操作，则有待进一步研究。

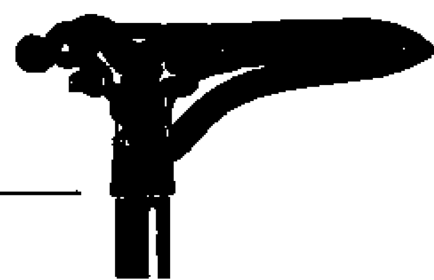
有学者认为“妾莫书”玻璃衣片的具体操作工艺是：(1) 先依设计要求，制作出 11 种类型的陶范，并在部分陶范上刻出花纹。(2) 为了便于脱“模”，先在铸型内撒上一层薄薄的粉料，其成分应与“衣片”成分相近。此脱模粉的厚度不尽相同，一般介于 0.1 ~ 0.4 毫米之间。(3) 浇铸。(4) 在玻璃液面上再撒一层同样的脱模粉料。(5) 趁玻璃尚未完全硬化时加压成型。(6) 在部分花纹处贴金[15]。我们认为，此六步之中，第一、三、五、六步大体上是对的；但第二、四步是否确凿，则有待进一步研究：(1) 要将本为粉状的脱模剂在模压成型后加热成为玻璃，恐非易事，尤其第四步。(2) 铅玻璃化学稳定性较差，其表层历两千年而不风化，这是不太容易的。有关学者认为“妾莫书”玻璃衣片内层含钡较高，表层含铅较高，是工艺操作造成的，说其本来便是两种成分不同的物质，其表层并非风化层[15]。此论是否确凿，也需进一步用实验来证明。(3) 这种表层含铅量较高、含钡量较低的现象在前述徐州北洞山玻璃杯碎片 WHG - 2 上也可看到，其玻璃杯碎片的 PbO 量（39.51%）远较其风化层（48.3%）低；前述寿县战国玻璃璧 G8（表 2 - 7 - 1），也是这样。若“妾莫书”玻璃片为两种材料制成，那么，北洞山汉王墓玻璃杯 WHG - 2、寿县战国玻璃璧 G8 是否也具有同样的工艺？很值得怀疑。我们认为，“妾莫书”玻璃衣片应当是采用常规操作法模压成的，并未使用不同成分的脱模剂；其表、里呈现了两种成分，很可能是风化所致的。这种铅腐蚀后并未流失，而是留在了风化层中的现象，在古代青铜器分析中是经常看到的。有人认为铅腐蚀后马上流失了，这与大量考古实物的分析结果不符。看来，铅的流失过程大约分为两步：第一步是先氧化并迁移到表面腐蚀层中，第二步才是流失到土壤中。

吹制法制作的玻璃在汉代考古发掘中也曾看到，如 1957 年广西贵县南头村东汉墓出土的托盏高足杯，此器基本完整，由杯、托盘两部分组成。杯高 8.2 厘米、口径 6.4 厘米、足径 5.2 厘米，盘高 2 厘米、口径 12.4 厘米、底径 9 厘米、胎厚 0.1 ~ 0.4 厘米。通体透明，呈淡青色，开细小冰裂纹[12]。但一般认为它是西方传入的[22][36]。

搅胎玻璃在考古发掘中也曾看到，即邗江甘泉 2 号墓出土的玻璃钵残片，但一般认为其系罗马传入[22]，这也是今日所见较早的一件西方传入品。这种工艺的基本操作是将两种（或多种）着色较为悬殊的玻璃胶融体，依一定工艺要求搅合在一起，之后再模压成型。主要特点是能呈现出有如大理石般的纹理。其操作要点是：(1) 分别熔制两种（或多种）不同颜色的玻璃熔体。(2) 搅胎。即将两种不



同成分、不同颜色的玻璃熔体，依照一定的工艺要求搅出所需要的花纹来。搅动操作宜在粘稠态、胶融态、软化状态下进行；如若温度过高，流动性太好，玻璃体处于完全的液态，一经搅拌，两种成分的玻璃便会迅速混合；成分均匀了，花纹也就顷刻间消失。(3) 成型。主要使用旋绞法或者模压法，而未必经过“浇铸”的阶段。有学者认为搅胎装饰法，即是将熔融的紫红色透明玻璃和白色透明玻璃液混合起来，经过一定的搅拌，再灌模成型；这种说法是不太确切的。实际上，此“混合”、“搅拌”都是十分有限的，其“灌模”的含义应当亦与通常之“灌”有别。搅匀了，花纹便不复存在了。



参考文献

第一节　采矿技术之发展

[1]《史记》卷六“秦始皇本纪”。

[2]《史记》卷三十“平准书”。

[3] 郑州市博物馆:《郑州古荥镇汉代冶铁遗址发掘简报》,《文物》1978 年第 2 期。

[4] 赵青云等:《巩县铁生沟汉代冶铸遗址再探讨》,《考古学报》1985 年第 2 期。

[5] 河南省文物研究所等:《信阳钢厂毛集古矿冶遗址调查简报》,《华夏考古》1988 年第 4 期。

[6] 杨立新:《皖南古代铜矿初步考察与研究》,《文物研究》第 3 辑,1988 年。

[7] 安徽省文物考古研究所等:《安徽铜陵金牛洞铜矿古采矿遗址清理简报》,《考古》1989 年第 10 期。

[8] 安志敏等:《山西运城洞沟的东汉铜矿和题记》,《考古》1962 年第 10 期。

[9] 广西壮族自治区文物工作队:《广西北流铜石岭汉代冶铜遗址的试掘》,《考古》1985 年第 5 期。孙淑云等:《广西北流县铜石岭冶铜遗址的调查研究》,《自然科学史研究》1986 年第 3 期。

[10] 黄石市博物馆:《铜绿山古矿遗址》,文物出版社,1999 年。

[11] 罗平:《河北承德专区汉代矿冶遗址的调查》,《考古》1957 年第 1 期。

[12]《黄帝九鼎神丹经诀》卷九,第 1 ~ 4 页(《道藏》总第 584 册)。按:本书所用《道藏》,皆 1923 ~ 1926 年上海涵芬楼影印本。

[13] 陈国符:《〈道藏经〉中外丹黄白经诀出世朝代考》,《中国科技史探索》,上海古籍出版社,1983 年。

[14] 赵匡华:《狐刚子及其对中国古代化学的卓越贡献》,《自然科学史研究》1984 年第 3 期。赵匡华:《我国古代的金银分离术与黄金鉴定》,《化学通报》1984 年第 12 期。

[15] 赵承泽:《关于西汉用煤的问题》,《光明日报》1957 年 2 月 14 日。

[16] 杜邊三三:《增訂撫順史話》,撫順新報社版。(参考抚顺档案室存《抚顺旬刊》1947 年第 5 期)。转引自《中国古代煤炭开发史》第 21 页,煤炭工业出版社,1986 年。

[17] 黄展岳:《一九五五年春洛阳汉河南县城东区发掘报告》,《考古学报》1956 年第 4 期。

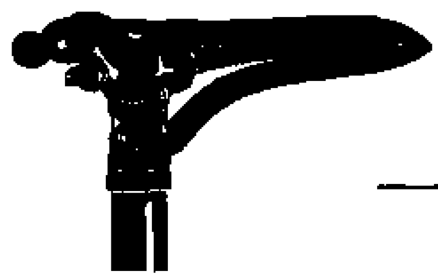
[18] 中国社会科学院考古研究所洛阳汉魏城队:《汉魏洛阳城发现的东汉烧煤瓦窑遗址》,《考古》1997 年第 2 期。

[19] 洛阳市文物工作队:《洛阳吉利发现西汉冶铁工匠墓葬》,《考古与文物》1982 年第 3 期。

[20]《文献通考》第十册,卷一五,第 7 页、第 33 页,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 238 碟。

[21] 白广美:《川东、北井盐考察报告》,《自然科学史研究》1988 年第 3 期。

[22] 今日所见四川盐井画像砖至少四方,即:(1)邛崃和成都西郊各出一方,载闻宥:《四川汉代画像选集》图 73、74,群益出版社,1955 年。刘志远:《四川汉代画像砖艺术》第 3、4 图,中国古典艺术出版社,1958 年。(2)成都北郊羊子山出土一方,与成都西郊所出者大体一致。刘志远:《四川汉代画像砖与汉代社会》第 47 页,文物出版社,1983 年。(3)郫县出土



一方，载吴天颖:《中国井盐开发二、三事》，《中国盐业史论集》第34页，中国社会科学出版社，1987年。

［23］燕羽:《中国古代关于深井钻掘机械的发明》，《中国盐业史论丛》，中国社会科学出版社，1987年。

［24］吴天颖:《中国井盐开发史二、三事——“中国科学技术史”补正》，《中国盐业史论丛》，中国社会科学出版社，1987年。

［25］《水经注》第十六册，卷三三，第20页“江水”，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第234碟。

［26］《太平御览》卷八六九，“火部二”注。

［27］徐中舒:《蜀王本纪的成书年代及其作者》，《社会科学研究》1979年第1期。

［28］林元雄等:《中国井盐科技史》第281页，四川科学技术出版社，1987年。

［29］《华阳国志》第二册，卷三，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第223碟。

［30］《文选注》卷四，梁昭明太子萧统编，唐李善注。因刘逵早已为《蜀都赋》和《吴都赋》作注，李善在注释《文选》时，便将原注移了过来。“‘三都赋’成，张载为注‘魏都’，刘逵为注‘吴蜀’。自是之后渐行于俗也。”文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第428碟。

［31］《后汉书·郡国志》“蜀郡·临邛”条注引。

［32］廖品龙:《“泽中有火”是天然气或沼气吗》，《井盐史通讯》1979年第1期。

［33］祁守华:《是地表裂缝，不是“火山口”》，《盐业史研究》1989年第4期。

第二节　冶金技术的蓬勃发展

［1］李京华:《中原古代冶金技术研究·河南冶金考古的发现与研究》，中州古籍出版社，1994年。

［2］郑州市博物馆:《郑州古荥镇汉代冶铁遗址发掘简报》，《文物》1978年第2期。

［3］赵青云等:《巩县铁生沟汉代冶铸遗址再探讨》，《考古学报》1985年第2期。河南省文化局文物工作队:《巩县铁生沟》，文物出版社，1962年。

［4］河南省文物研究所:《南阳北关瓦房庄汉代冶铁遗址发掘报告》，《华夏考古》1991年第1期。

［5］刘庆柱:《陕西永寿出土的汉代铁农具》，《农业考古》1982年第1期。罗振玉:《贞松堂集古遗文》卷一五。

［6］陕西省博物馆等:《陕西省发现的汉代铁铧和鏵土》，《文物》1966年第1期。

［7］李京华:《汉代铁农器铭文试释》，原载《考古》1974年第1期。

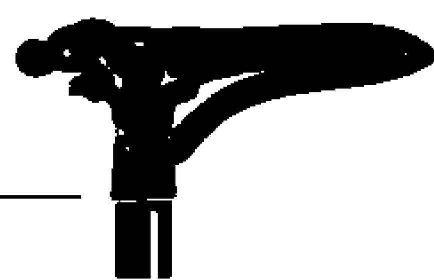
［8］河南省文化局文物工作队:《河南鹤壁市汉代冶铁遗址》，《考古》1963年第10期。

［9］倪自励:《河南临汝夏店发现汉代炼铁遗址一处》，《文物》1960年第1期。

［10］赵全嘏:《河南鲁山汉代冶铁厂调查记》，《新史学通讯》1952年第7期。

［11］河南省博物馆等:《河南汉代冶铁技术初探》，《考古学报》1978年第1期。中国冶金史编写组:《从古荥遗址看汉代生铁冶炼技术》，《文物》1978年第2期。

［12］叶照涵:《汉代石刻冶铁鼓风炉图》，《文物》1959年第1期；山东省博物馆:《汉画像冶铁图说明》，《文物》1959年第2期；王振铎:《汉代冶铁鼓风机的复原》，《文物》1959年第5期。1984年时承滕县博物馆馆长万树瀛面告，滕县冶铁画像图实系1930年宏道院设立时，在民间收集到的，出土时间不详，并非1930年。



［13］北京钢铁学院金相实验室:《满城汉墓部分金属的金相分析报告》，载《满城汉墓发掘报告》，文物出版社，1980年。

［14］柯俊等:《河南古代一批铁器的初步研究》,《中原文物》1993年第1期。

［15］黄展岳:《近年出土的战国两汉铁器》,《考古学报》1957年第3期。

［16］张郁:《呼市郊区发现一处西汉铁工场遗址》,《内蒙古日报》1962年4月3日。

［17］史树青:《新疆文物调查随笔》,《文物》1960年第6期。

［18］中国社会科学院考古研究所:《陕县东周秦汉墓》第147页、227页，科学出版社，1994年。北京科技大学冶金与材料史研究所:《徐州狮子山西汉楚王陵出土铁器的金相实验研究》,《文物》1999年第7期。北京科技大学冶金史研究室:《西汉南越王墓出土铁器鉴定报告》，载广州市文物管理委员会等编:《西汉南越王墓》，文物出版社，1991年。

［19］王明:《太平经合校·前言》，中华书局，1960年。

［20］韩汝玢:《阳城铸铁遗址铁器的金相鉴定》,《中国冶金史论文集》(二),《北京科技大学学报》增刊，1994年。

［21］李众:《中国封建社会前期钢铁冶炼技术发展的探讨》,《考古学报》1975年第2期。

［22］何堂坤:《百炼钢及其工艺》，《科技史文集》第13辑，上海科学技术出版社，1985年。

［23］徐州博物馆:《徐州发现东汉建初二年五十湅钢剑》,《文物》1979年第7期。

［24］刘心健等:《山东苍山发现东汉永初纪年铁刀》,《文物》1974年第12期。

［25］梅原末治:《奈良县栎本东大寺山古坟出土の汉中平纪年の铁刀》,《考古学杂誌》第48卷第2号，1962年。

［26］柯俊等:《中国古代的百炼钢》,《自然科学史研究》1984年第4期。

［27］何堂坤:《关于明代炼钢术的两个问题》,《自然科学史研究》1988年第1期。

［28］何堂坤:《关于灌钢的几个问题》，《科学史文集》第15辑，上海科学技术出版社，1989年。

［29］周志宏:《中国早期钢铁冶炼技术上创造性的成就》,《科学通报》1956年2月。

［30］洛阳市文物工作队:《洛阳吉利发现西汉冶铁工匠墓葬》，《考古与文物》1982年第3期，原发掘报告断代为西汉中、晚期；后经^{14}C测定，下限为东汉。

［31］何堂坤等:《洛阳坩埚附着钢及其科学研究》,《自然科学史研究》1985年第1期。

［32］何堂坤:《中国古代炼钢技术初论》，《科技史文集》第14辑，上海科学技术出版社，1985年。

［33］湖南省文物工作队:《长沙衡阳出土战国时代的铁器》,《考古通讯》1956年第1期。

［34］河北省文物管理处:《河北易县燕下都44号墓发掘报告》,《考古》1975年第4期。

［35］中国科学院考古研究所:《洛阳烧沟汉墓》，科学出版社，1959年。

［36］中国科学院考古研究所洛阳发掘队:《洛阳西郊汉墓发掘报告》，《考古学报》1963年第2期。

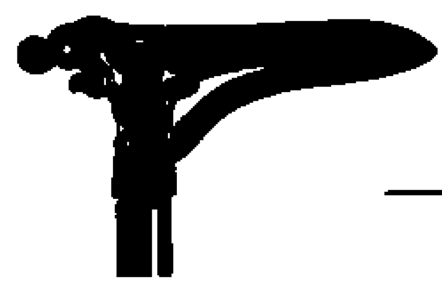
［37］中国社会科学院考古研究所汉城工作队:《汉长安城武库遗址发掘的初步收获》，《考古》1978年第4期。

［38］《汉书》卷二八上“地理志”师古注。

［39］(大冶钢厂)冶军:《铜绿山古矿井遗址出土铁制及铜制工具的初步鉴定》，《文物》1975年第2期。

［40］四川大学历史系考古专业:《四川西昌东坪汉代冶铸遗址的发掘》，《文物》1994年第9期。

［41］安志敏等:《山西运城洞沟的东汉铜矿和题记》,《考古》1962年第10期。



[42] 罗平:《河北承德专区汉代矿冶遗址的调查》,《考古通报》1957 年第 1 期。

[43] 广西壮族自治区文物工作队:《广西北流铜石岭汉代冶铜遗址的试掘》,《考古》1985 年第 5 期。孙淑云等:《广西北流县铜石岭冶铜遗址的调查研究》,《自然科学史研究》1986 年第 3 期。前文说遗址断代为西汉早期至东汉早期,经^{14}C 测定及树轮校正,距今约为 1910 ± 90 年。后文说遗址年代为汉至南朝时期。

[44] 中国社会科学院考古研究所等:《满城汉墓发掘报告》,文物出版社,1980 年。铜器皿,见第 246 ~ 247 页;铜钱车削纹,见第 212 页;铁甲,见第 111 页,铁甲科学分析,见第 372 页。

[45] 何堂坤:《中国古代铜镜的技术研究》,中国科学技术出版社,1992 年。

[46]《太平御览》卷五三一。

[47] 章鸿剑:《中国用锌的起源》,《科学》第八卷第三期,1923 年。《再述中国用锌之起源》,《科学》第九卷第九期,1925 年。

[48] 赵匡华:《中国历代黄铜考释》,《自然科学史研究》1987 年第 4 期。

[49] 30 枚标本中,赵匡华等分析 8 枚(见《自然科学史研究》1986 年第 3 期),戴志强等分析 1 枚(见《中国钱币》1985 年第 3 期),章鸿钊等分析 10 枚(见《石雅》),王琎等分析 4 枚(见《中国古代金属化学及金丹术》,中国科学图书仪器公司,1955 年),李秀辉等分析 7 枚(见《上孙家汉墓出土金属器物的鉴定》,载青海省文物考古研究所:《上孙家寨汉晋墓》,文物出版社,1993 年)。

[50] 赵匡华:《我国古代"抽砂炼汞"的演进及其化学成就》,《自然科学史研究》1984 年第 1 期。

[51] 狐刚子:《五金粉图诀》炼汞法,见《黄帝九鼎神丹经诀》卷一一,第 2 ~ 4 页(《道藏》总第 585 册)。狐刚子:《出金矿图录》采冶黄金法,见《黄帝九鼎神丹经诀》卷九,第 1 ~ 3 页;"铅炼银法"见《黄帝九鼎神丹经诀》卷九,第 7 页(均见《道藏》总第 584 册)。

[52] 山东大学考古系等:《山东长清县双乳山一号汉墓发掘简报》,《考古》1997 年第 3 期。

[53] 龙登高:《西汉黄金非币论》,《中国钱币》1990 年第 3 期。

[54] 广西壮族自治区博物馆:《广西贵县罗泊湾汉墓》第 54 页,文物出版社,1988 年。

[55] 赵匡华:《狐刚子及其对中国古代化学的卓越贡献》,《自然科学史研究》1984 年第 3 期。

[56] 陈国符:《"道藏经"中外丹黄白法经诀出世朝代考》,《中国科技史探索》,上海古籍出版社,1982 年。

[57]"铅炼金法"、"水银炼金法"见《太清经天师口诀》第 7 页(《道藏》总第 583 册)。本书所用《道藏》,皆 1924 年上海涵芬楼影印本。

[58] 卢本珊等:《铜绿山春秋炼铜竖炉的复原研究》,《文物》1981 年第 8 期。

[59] 山西省考古研究所:《山西夏县禹王城汉代铸铁遗址试掘简报》,《考古》1994 年第 8 期。

[60] 何堂坤:《中国古代铜镜的技术研究》第 99 ~ 100 页,中国科学技术出版社,1992 年。

[61] 李长庆:《咸阳发现秦代车零件泥范一窑》,《文物参考资料》1958 年第 5 期。

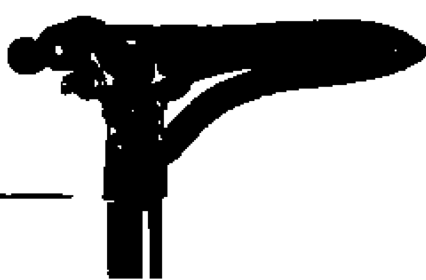
[62] 陕西省博物馆:《西安北郊新莽钱范窑址清理简报》,《文物》1959 年第 11 期。

[63] 中国社会科学院考古研究所汉城工作队:《1992 年汉长安城冶铸遗址发掘简报》,《考古》1995 年第 9 期。

[64] 王儒林:《河南南阳发现汉代钱范》,《考古》1964 年第 11 期。

[65] 安金槐:《河南邓县发现了一处汉代铸钱遗址》,《文物》1963 年第 12 期。

[66] 河南省博物馆等:《河南省温县汉代烘范窑发掘简报》,《文物》1976 年第 9 期。



［67］河南省文物研究所等：《河南省五县古代铁矿冶遗址调查》，《华夏考古》1992 年第 1 期。

［68］河南省文物研究所：《河南镇平出土的汉代窖藏铁范和铁器》，《考古》1982 年第 3 期。

［69］河南省文物研究所：《河南新安县上孤灯汉代铸铁遗址调查简报》，《华夏考古》1988 年第 2 期。

［70］见文献［3］。铁器 T18:13 经重新鉴定，实系一字锸的铁范芯，说明巩县铁生沟汉代冶铸作坊使用过铁范浇铸。

［71］山东省博物馆：《山东省莱芜县西汉农具铁范》，《文物》1977 年第 7 期。

［72］李步青：《山东滕县发现铁范》，《考古》1960 年第 7 期。

［73］李京华：《中原古代冶金技术研究》第 118 页，中州古籍出版社，1994 年。

［74］河南省文化局文物工作队：《从南阳宛城出土汉代犁铧模和铸范看犁铧的铸造工艺过程》，《文物》1965 年第 7 期。

［75］陕西省文管会等：《陕西坡头村西汉铸钱遗址发掘简报》，《考古》1982 年第 1 期。

［76］马春卿：《徐州市云龙山发现北朝末期墓葬及汉代五铢钱范》，《文物参考资料》1955 年第 11 期。

［77］凤功等：《山东诸城出土一批五铢钱铜范》，《文物》1987 年第 7 期。

［78］李孔壁：《湖南攸县发现西汉五铢钱铜范》，《文物》1984 年第 1 期。

［79］师小群：《陕西省博物馆所藏新莽钱范》，《考古与文物》1994 年第 5 期。

［80］韩士元：《新莽时代的铸币工艺探讨》，《考古》1965 年第 5 期。

［81］安徽省文物考古研究所等：《安徽天长县三角圩战国西汉墓出土文物》，《文物》1993 年第 9 期。

［82］中国社会科学院考古研究所等：《满城汉墓发掘报告》第 52 ~ 66 页，文物出版社，1980 年。

［83］孙淑云：《西汉南越王墓出土铜器、银器及铅器鉴定报告》，载广州市文物管理委员会等：《西汉南越王墓》，文物出版社，1991 年。

［84］何堂坤、刘绍明：《南阳汉代铜舟科学分析》，《中原文物》2010 年第 4 期。

［85］山东省淄博市博物馆：《西汉齐王墓随葬器物坑》，《考古学报》1985 年第 2 期。

［86］内蒙古自治区文物工作队：《呼和浩特二十家子古城出土的西汉铁甲》，《考古》1975 年第 4 期。

［87］福建省文物管理委员会：《福建崇安城村汉城遗址试掘》，《考古》1960 年第 10 期。

［88］罗泊湾铜锣见蒋廷瑜：《广西贵县罗泊湾出土的乐器》，《中国音乐》1985 年第 3 期。

［89］《文物考古工作十年（1979 ~ 1989）》第 249 页，文物出版社，1990 年。

［90］沈令昕：《上海市文物保管委员会所藏的几面古镜介绍》，《文物参考资料》1957 年第 8 期。

［91］袁仲一等：《秦陵铜车马的结构及制作工艺》，中国机械史第二届学术讨论论文，1991 年 11 月。

［92］何堂坤：《关于透光镜机理的几个问题》，《中原文物》1982 年第 4 期。

［93］何堂坤等：《关于透光镜的模拟试验》，《自然科学史研究》1990 年第 3 期。

［94］北京钢铁学院冶金史研究室：（榆树老河深鲜卑墓葬）《金属文物的鉴定报告》，载吉林省文物考古研究所：《榆树老河深》，文物出版社，1987 年。

［95］北京科技大学冶金史研究室：《西汉南越王墓出土铁器鉴定报告》，广州市文物管理委员会等：《西汉南越王墓》，文物出版社，1991 年。

［96］丘亮辉等：《郑州古荥镇冶铁遗址出土铁器的初步研究》，《中原文物》1983 年特刊。

[97] 苗长兴等:《从铁器鉴定论河南古代钢铁技术的发展》,《中原文物》1993 年第 4 期。

[98] 汉代具有球状石墨的铁器今已看到 10 余件，如铁生沟 5 件，详见文献 [3]；古荥镇 9 件，见文献 [96] 和丘亮辉《古代展性铸铁中的球墨》（载北京钢铁学院《中国冶金史论文集》,《北京钢铁学院学报》编辑部，1986 年）；南阳 1 件，见文献 [11]。

[99] 韩汝玢等:《郑州东史马东汉铁剪刀与铸铁脱碳钢》,《中原文物》1983 年特刊。

[100] 何堂坤:《铸铁脱碳钢与白心可锻铸铁》,《中国文物报》1995 年 11 月 26 日。

[101] 河南省文物研究所等:《登封王城岗与阳城》第 282 ~ 284 页，文物出版社，1992 年。

[102] 华觉明等:《战国两汉铁器的金相学考查初步报告》,《考古学报》1960 年第 1 期。

[103] 何堂坤:《从科学分析看我国古代的青铜热处理技术》,《金属热处理学报》1987 年第 1 期；并见文献 [45] 第 137 ~ 141 页。

[104] 何堂坤:《滇池地区几件青铜器的科学分析》,《文物》1985 年第 4 期。

[105] 定县博物馆:《河北定县 43 号汉墓发掘简报》,《文物》1973 年第 11 期。

[106] 刘志远:《成都天迴山崖墓清理记》,《考古学报》1958 年第 1 期。

[107] 刘煜、赵志军等:《山东临淄齐国故城汉代镜范的科学分析》，《考古》2005 年第 12 期。

[108] 张福康:《中国古代陶瓷的科学》第 19 页，上海人民美术出版社，2000 年。

[109] 中国山东省文物考古研究所、日本奈良县立橿原考古研究所:《山东省临淄齐国故城汉代镜范的考古学研究》，科学出版社，2007 年。第 101 页说自 1940 ~ 2005 年，临淄齐国故城计出土汉代镜范 95 件，其中只有 1 件是 1940 年出土的，今藏日本，其余都是 1997 ~ 2005 年出土。

[110]《黄帝九鼎神丹经诀》卷九，第 7 页,《道藏》总第 584 册，上海涵芬楼影印本。据陈国符考证:《黄帝九鼎神丹经诀》20 卷，乃唐人所纂，狐刚子的许多著述亦收入《黄帝九鼎神丹经诀》中。狐刚子在谈到“出矿银法”时说:“有银若好白，即以白矾石、硇末，火烧出之。”

[111]《神仙养生秘术》第 2 ~ 3 页,《道藏》总第 599 册，上海涵芬楼影印本。《神仙养生秘术》云:“点白：硇砂四两、胆矾四两、雄黄四两、雌黄四两、硝石四两、枯矾四两、山泽四两、青盐四两，各自制度。”

第三节　制陶技术的发展和瓷器的出现

[1] 林士民:《浙江宁波汉代瓷窑调查》,《考古》1980 年第 4 期。

[2] 杨赤宇:《湖口县象山东汉纪年墓》,《江西历史文物》1986 年第 1 期。

[3] 文物编辑委员会:《文物考古工作十年（1979 ~ 1989)》第 152 ~ 153 页，“江西省”，文物出版社，1990 年。

[4] 余家栋:《江西陶瓷考古综述》,《景德镇陶瓷》1989 年第 1 期。

[5] 周世荣:《湖南陶瓷》，紫禁城出版社，1988 年。

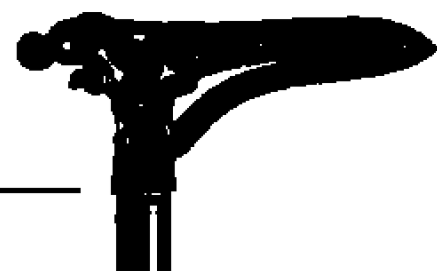
[6] 文物编辑委员会:《文物考古工作三十年（1949 ~ 1979)》第 355 页，“四川省”，文物出版社，1979 年。1973 年大邑县城郊发现两座东汉晚期残砖室墓，墓砖上印有“建安”年号，出土物中有两件残瓷坛。具体墓号未详。

[7] 中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第 106 页，文物出版社，1982 年。

[8] 李知宴:《汉代釉陶的起源和特点》,《考古与文物》1984 年第 2 期，并见文献 [7] 第 114 页。

[9] 甘博文:《甘肃武威雷台东汉墓清理简报》,《文物》1972 年第 2 期。

[10] 张福康等:《中国历代低温色釉和釉上彩的研究》,《中国古陶瓷论文集》，文物出版



社，1982 年。

［11］张福康等:《中国历代低温色釉的研究》,《硅酸盐学报》1980 年第 1 期。

［12］姜晓霞:《汉代铅绿釉陶器“银釉”的分析》,《文物》1992 年第 6 期。

［13］张福康:《中国传统低温色釉和釉上彩》,《中国古陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985 年。

［14］叶喆民:《中国古陶瓷浅说》，轻工业出版社，1960 年。

［15］文物编辑委员会:《文物考古工作三十年（1949～1979)》第 221 页，“浙江省”，文物出版社，1979 年。

［16］始皇陵秦俑坑考古发掘队:《临潼县秦俑坑试掘第一号简报》，《文物》1975 年第 11 期。

［17］始皇陵秦俑坑考古发掘队:《秦始皇陵东侧第二号兵马俑坑钻探试掘简报》，《文物》1978 年第 5 期。秦俑坑考古队:《秦始皇陵东侧第三号兵马俑坑清理简报》，《文物》1979 年第 12 期。

［18］王学理等:《西安任家坡汉陵从葬坑的发掘》,《考古》1976 年第 2 期。

［19］展力等:《试读杨家湾汉墓骑兵俑——对西汉前期骑兵问题的探讨》,《文物》1977 年第 10 期。

［20］徐州博物馆等:《徐州北洞山西汉墓发掘简报》,《文物》1988 年第 2 期。

［21］徐州博物馆:《徐州狮子山兵马俑坑第一次发掘简报》,《文物》1986 年第 2 期。

［22］济南市博物馆:《试谈济南无影山出土的西汉乐舞、杂技、宴饮陶俑》，《文物》1972 年第 5 期。

［23］秦鸣:《秦俑坑兵马俑军阵内容及兵器试探》,《文物》1975 年第 11 期。

［24］闻枚言等:《秦俑艺术》,《文物》1975 年第 11 期。

［25］始皇陵秦俑坑考古发掘队:《秦始皇兵马俑坑出土的陶俑陶马制作工艺》，《考古与文物》1980 年第 3 期。

［26］屈鸿钧、程朱海等:《秦俑陶塑制作工艺的探讨》，《中国古陶瓷论文集》，文物出版社，1982 年。

［27］陕西省考古研究所等:《秦始皇陵兵马俑坑（一号坑发掘报告)》，文物出版社，1988 年。

［28］黄宣佩:《上海市嘉定县外冈古墓清理》,《考古》1959 年第 12 期。

［29］中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第 122～125 页，文物出版社，1982 年。

［30］李家治:《原始瓷的形成和发展》，《中国古陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985 年。

［31］黄颐寿等:《宜春西汉木椁墓》,《西汉历史文物》1986 年第 1 期。并见文献［3］。

［32］许智范:《南昌市老福山西汉墓》,《江西历史文物》1983 年第 3 期。并见文献［3］。

［33］陈万里:《中国青瓷史略》第 4～5 页，上海人民出版社，1956 年。

［34］张子高:《中国化学史稿（古代之部)》第 88 页，科学出版社，1964 年。

［35］水既生:《对瓷器起源问题的管见》,《中国古陶瓷论文集》，文物出版社，1982 年。

［36］叶宏明等:《关于我国瓷器起源的看法》,《文物》1978 年第 10 期。

［37］冯先铭:《新中国陶瓷考古的主要收获》,《文物》1965 年第 9 期。

［38］冯先铭:《三十年来我国陶瓷考古的收获》,《故宫博物院院刊》1980 年第 1 期。

［39］中国科学院考古研究所:《洛阳烧沟汉墓》，科学出版社，1959 年。

［40］河北省文化局文博组:《安平彩色画汉墓》,《光明日报》1972 年 6 月 22 日。

［41］亳县博物馆:《亳县凤凰台一号汉墓清理简报》，《考古》1974 年第 3 期。安徽省亳县

博物馆:《亳县曹操宗族墓葬》,《文物》1978年第8期。

[42] 周世荣:《湖南益阳市郊发现汉墓》,《考古》1959年第2期。高至喜:《略论湖南出土的青瓷》,《中国考古学会第三次年会论文集》,文物出版社,1984年。

[43] 沈宜扬:《湖北当阳刘家冢子东汉画像石墓发掘简报》,《文物资料丛刊》(1),1977年。

[44] 江苏省文物管理委员会:《江苏高邮邵家沟汉代遗址的清理》,《考古》1960年第10期。

[45] 王利华:《奉化白杜汉熹平四年墓清理简报》,《浙江省文物考古所学刊》1981年。

[46] 吴战垒:《东汉熹平年款青瓷盘口壶》,《浙江省文物考古研究所学刊》,长征出版社,1997年。

[47] 李家治:《我国古代陶器和瓷器工艺发展过程的研究》,《考古》1978年第3期。

[48] 李家治:《我国瓷器出现时期的研究》,《硅酸盐学报》1978年第3期。

[49] 李家治:《中国陶器和瓷器工艺发展过程的研究》,《中国古陶瓷科学技术成就》,上海科学技术出版社,1985年。

[50] 张福康:《铁系高温瓷釉综述》,《中国古陶瓷科学技术成就》,上海科学技术出版社,1985年。

[51] 郭演仪等:《中国历代南北方青瓷的研究》,《中国古陶瓷论文集》,文物出版社,1982年。郭演仪:《中国制瓷原料》,《中国古陶瓷科学技术成就》,上海科学技术出版社,1985年。

[52] 李国桢:《历代越窑青瓷釉的研究》,《中国陶瓷》1988年第1期。

[53] 凌志达:《我国古代黑釉瓷的研究》,《中国古陶瓷论文集》,文物出版社,1982年。

[54] 吴任平:《"建玉瓷"与二次烧成高级细瓷》,《福建文物》1993年第1、2期合刊。

[55] 周仁等:《清初瓷器胎釉的研究》,《景德镇瓷器的研究》,科学出版社,1958年。并见文献[48]。

[56] 杨建东等:《微山县清理西汉画像石墓——出土五件青瓷器及画像石,具有重要学术价值》,《中国文物报》1997年7月27日。

[57] 宋伯胤:《关于我国瓷器渊源问题的探讨》,《中国古陶瓷论文集》,文物出版社,1982年。

[58] 湖南省博物馆:《长沙马王堆一号汉墓》上册,第122页、126页,文物出版社,1973年。

[59] 唐兰:《座谈长沙马王堆一号汉墓》,《文物》1972年第9期。

[60]《全上古三国两晋文》"全晋文"卷九一。

[61] 安徽省亳县博物馆:《亳县曹操宗族墓》,《文物》1978年第8期。

[62] 中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第131页,文物出版社,1982年。

[63] 陕西省博物馆等勘查小组:《秦都咸阳故城遗址发现的窑址和铜器》,《考古》1974年第1期。遗址中发现过3块始皇诏版,断代秦代,或说战国至西汉以前。

[64] 河北省文物管理委员会:《河北武安县午汲古城中的窑址》,《考古》1959年第7期。1959年清理古代窑址21座,其中属春秋战国的2座,属战国末期到西汉的10座,属西汉末到东汉的9座。

[65] 刘可栋:《试论我国古代的馒头窑》,《中国古陶瓷论文集》,文物出版社,1982年。

[66] 河南省博物馆等:《河南省温县汉代烘范窑发掘简报》,《文物》1976年第9期。

[67] 新乡市文管会:《新乡北站区前郭柳村汉代窑址发掘》,《考古》1989年第5期。1986年清理,窑址计6座,报道了1、2、3号3座,断代东汉。

[68] 甘肃省文物管理委员会:《酒泉下河清汉代砖窑窑址试掘简报》,《文物参考资料》1958年第12期。

[69] 中国社会科学院考古研究所汉城工作队:《汉长安城2~8号窑址发掘简报》,《考古》1992年第2期。

[70] 中国社会科学院考古研究所洛阳汉魏城队:《汉魏洛阳城发现的东汉烧煤瓦窑遗址》,《考古》1997年第2期。

[71] 中国社会科学院考古研究所汉城工作队:《汉长安城北宫的勘探及其南面砖瓦窑的发掘》,《考古》1996年第10期。

[72] 朱伯谦:《试论我国古代的龙窑》,《文物》1984年第3期。

[73] 刘振群:《窑炉的改进和我国古陶瓷发展的关系》,《中国古陶瓷论文集》,文物出版社,1982年。

[74] 朱伯谦等:《从浙江上虞东汉窑址调查看我国瓷器的生产》,古陶瓷学术讨论会论文,1978年。并见文献[38]。

[75] 余家栋:《江西陶瓷史》第104页,河南大学出版社,1997年。

[76] 四川省文物考古研究所内部资料,见《新中国考古五十年》第367页,文物出版社,1999年。

[77] 周世荣等:《湘阴县青竹寺东汉青瓷窑址》,《中国考古学年鉴(1989)》第222~223页,文物出版社,1990年。

[78] 熊海棠:《中国古代的窑具与装烧技术》,《东南文化》1991年第6期。

[79] 秦俑考古队:《秦代陶窑遗址调查清理简报》,《考古与文物》1985年第5期。

[80] 李国桢等:《中国名瓷工艺基础》第71页,上海科学技术出版社,1988年。

第四节 古代机械技术体系之初步形成

[1]《太平御览》卷八二九“资产部·碓”。

[2] 湖南省文物考古研究所等:《湖南省澧县新石器时代早期遗址调查报告》,《考古》1989年第10期。

[3] 谢仲礼:《江南地区史前木器初探》,《东南文化》1993年第6期。

[4] 王祯:《农书》卷一八“农器图谱·灌溉门”:“翻车,今人谓龙骨车也。魏略曰:马钧居京都,城内有地可为园,无水以灌之,乃作翻车。令童儿转之,而灌水自覆。汉灵帝使毕岚作翻车,设机引水,洒南北郊路,则翻车之制又起于毕岚矣。”

[5] 徐光启:《农政全书》卷一七“水利·灌溉图谱”:“翻车,今人谓龙骨车也。魏略曰:马钧居京都,城内有闲地可为园,无水以灌之,乃作翻车。令童儿转之,而灌水自覆。汉灵帝使毕岚作翻车,设机引水,洒南北郊路。则翻车之制,又起于毕岚矣。”徐光启此观点完全是援引王祯《农书》的,两者比较,此仅多了一个“闲”字。其实关于“翻车”的文字中,徐光启援引王祯原话远不止此,略。

[6] 刘仙洲:《中国古代农业机械发明史》第51页,科学出版社,1963年。

[7] 陆敬严、华觉明主编:《中国科学技术史·机械卷》第78页,科学出版社,2000年。

[8] 李崇州:《中国古代各类灌溉机械的发明和发展》,《农业考古》1983年第1期。

[9] 安徽省文物工作队等:《阜阳双古堆西汉汝阴侯墓发掘简报》,《文物》1978年第8期。

[10] 王燮山:《中国古代物理学史与出土文物》,中国物理学史学术讨论会论文,1984年,杭州。

[11]《后汉书》卷九〇上。

[12] 王冠倬:《从文物资料看中国古代造船技术的发展》,《中国历史博物馆馆刊》总第5期,1983年。

[13] 文尚光:《中国风帆出现的时代》,《武汉水运工程学院学报》1983年第3期。

[14] 李文信:《辽阳发现的三座壁画古墓》,《文物参考资料》1955年第5期第33页,插图24,一黑帻白衣人双手高举一风轮状物,似为玩具风车。

[15] 刘仙洲:《中国机械工程发明史》第100页,科学出版社,1962年。刘仙洲把指南车发明期推到了西汉,主要依据是说《西京杂记》曾记有"司南车,驾四,中道"。但今查,不管是"汉魏丛书"本、"四部丛刊初编缩本",还是"四库"本的《西京杂记》,均无"司南车",而只有"司马车,驾四,中道"。待查。

[16] 吴正伦:《关于我国古代的传动齿轮》,《文物》1986年第2期。

[17] 铜质的齿轮状物至迟见于战国时期,洛阳等地都有出土。但多为制齿动轮,有的则是用途不明。如洛阳博物馆《洛阳战国粮仓试掘纪要》(《文物》1981年第11期)载一齿轮状物,单模铸造,轮径4.2厘米,中心有方孔,方孔边长为2.5厘米,斜齿40枚。

[18] 王振铎:《指南车记里鼓车之考证及模制》,《史学集刊》第三集,1937年。并见王振铎:《科技考古论丛》,文物出版社,1989年。

[19] 陆敬严等:《中国古代齿轮新探》,《中国历史博物馆馆刊》总第12期,1989年。1954年山西永济出土的"齿轮"为铜质,一个为5齿,外径约3.0厘米,厚约1.1厘米;另一个为6齿,带柄,外径约2.1厘米,厚约1.3厘米。齿形瘦长,齿廓弯曲。

[20] 刘庆柱:《陕西永寿县出土的汉代铁农具》,《农业考古》1982年第1期。1974年,陕西永寿县西村农民平整土地时,发现过48件汉代铁质农具和车器、兵器等,其中有一件直齿轮,齿顶圆直径5厘米、齿根圆直径4.56厘米、轮厚1.2厘米、轴孔尺寸2.4厘米×2.4厘米、节圆直径4.8厘米、齿宽1.2厘米,模数1、齿数48。伴出物有西汉五铢和莽钱。

[21] 刘仙洲:《中国机械工程发明史》,科学出版社,1962年。"目录",并正文第五章。

[22] 中国社会科学院考古研究所等:《满城汉墓发掘报告》第48页、204页,文物出版社,1980年。

[23] 贾效孔:《纪国附近出土一批汉代铜器》,《考古》1984年第1期。

[24] 于晓兴:《郑州近年发现的窖藏铜铁器》,《考古学集刊》(1),1981年。

[25] 郭长江:《秦俑坑出土的古代链条》,《文博》1984年第2期。秦俑坑链状物计约5种:(1)以铜丝串联的石质链;(2)以皮条串连的铜环链;(3)纯铜环链;(4)金链索;(5)铁索链,一种刑具。与郑州铁器窖所出土的大体相类似。

[26] 庄冬明:《滕县长城村发现汉代铁农具十余件》,《文物参考资料》1958年第3期。

[27] 张秀夫等:《河北平泉下店村发现汉代大型铁铧》,《考古》1989年第5期。

[28] 赵继柱:《中国古代铁农具的研究》,《科技史文集》第9辑,上海科学技术出版社,1982年。

[29] 张振新:《汉代的牛耕》,《文物》1977年第8期。王星光:《中国传统耕犁的发生、发展和演变》,《农业考古》1989年第2期。

[30] 谢忠梁:《我国古代的二牛耕田法》,《江海学刊》1963年第5期。

[31] 宋兆麟:《西汉时期农业技术的发展——二牛三人耦犁的推广和改进》,《考古》1976年第1期。

[32]《太平御览》卷八二二"资产部·耕"。《正论》,《太平御览》卷八二三"资产部·犁"作《政论》。

[33] 邯郸市文物保管所:《河北邯郸市区古遗址调查简报》,《考古》1980年第2期。报道说有"大小石磨、石臼、石锤等"。

[34] 陕西省文物管理委员会:《秦都栎阳遗址初步调查记》,《文物》1966年第1期。

[35] 秦俑坑考古队:《临潼郑庄秦石料加工场遗址调查简报》,《考古与文物》1981年第1期。

[36] 驻马店市文物工作队等:《河南正阳李冢汉墓发掘简报》,《中原文物》2002年第5期。

[37] 南京博物院等:《江苏泗洪重岗汉画像石墓》,《考古》1986年第7期。李发林:《古代旋转磨试探》,《农业考古》1986年第2期。

[38] 河南省博物馆:《济源泗涧沟三座汉墓的发掘》,《文物》1973年第2期。

[39] 赵家有等:《山西芮城出土风扇车模型》,《农业考古》1988年第2期。

[40] 余扶危等:《洛阳东关东汉殉人墓》,《文物》1973年第2期。

[41] 始皇陵秦俑坑考古发掘队:《临潼县秦俑坑试掘第一号简报》,《文物》1975年第11期。一号坑出土铜镞近7 000只、铁镞1只、铁铤铜镞1只。《秦始皇陵东侧第二号兵马俑坑钻探试掘简报》,《文物》1978年第5期。二号坑出土铜镞1 462只,铜镞铁铤3只。

[42] 中国社会科学院考古研究所实验室:《满城汉墓出土铁镞的金相鉴定》,《考古》1981年第1期。

[43] 中国社会科学院考古研究所等:《满城汉墓发掘报告》第85页、109页,文物出版社,1980年。

[44] 杨泓:《弓和弩》,《中国古兵器史论丛》(增订本),文物出版社,1985年。并见《中国军事大百科全书(古代军事分册)》第76页,军事科学出版社,1991年。

[45] 孙机:《床弩考略》,《文物》1985年第5期。

[46] 甘肃居延考古队:《居延汉代遗址的发掘和新出土的简册文物》,《文物》1978年第1期。

[47] 吉田光邦:《弓和弩》,《中国科学技术史论集》,东京,1972年。其中统计了一、三、四、五、六、七、八、十石弩,计8个级别。

[48] 谢桂华等:《居延汉简释文合校》第518页,文物出版社,1987年。其中谈到了二石弩。

[49] 甘肃省文物考古研究所等:《居延新简:甲渠候官与第四燧》第525页,文物出版社,1990年。其中谈到了十二石弩。

[50] 中国社会科学院考古研究所:《汉长安未央宫——1980~1989年考古发掘报告》,上册第92~95页、117页,中国大百科全书出版社,1996年。

[51] 矩斋:《古尺考》,《文物参考资料》1957年第3期。

[52] 李均:《研究汉代武器装备的珍贵史料》,《中国文物报》1997年12月7日第3版。

[53] 南京博物院:《江苏盱眙东汉墓》,《考古》1979年第5期。

[54] 中国科学院考古研究所:《长沙发掘报告》,科学出版社,1957年。

[55] 刘志远:《四川汉代画像砖艺术》,中国古典艺术出版社,1958年。

[56] 中国社会科学院考古研究所等:《满城汉墓发掘报告》第182页、312页,科学分析见371页,文物出版社,1980年。

[57] 河南省文物研究所等:《河南镇平出土的汉代窖藏铁范和铁器》,《考古》1982年第3期。

[58] 李仲达:《河南镇平出土的汉代铁器金相分析》,《考古》1982年第3期。

[59] 畅文斋:《山西永济县薛家崖发现的一批铜器》,《文物参考资料》1955年第8期。

[60] 秦俑考古队:《秦始皇陵二号铜车马清理简报》,《文物》1983年第7期。党士学:《试论秦陵一号铜车马》,《文博》1994年第6期。孙机:《始皇陵二号铜车马对车制研究的新启示》,《文物》1983年第7期。袁仲一:《秦陵铜车马的结构及制作工艺》,中国机械史第二届学术讨论

会论文，1991 年，湖南大庸。

[61] 秦始皇兵马俑博物馆等:《秦始皇陵铜车马发掘报告》，文物出版社，1998 年。

[62] 试样承程学华提供，资料待发。

[63] 早在 20 世纪四五十年代，王振铎便先后两次复制过汉代独轮车（鹿车）；20 世纪 60 年代时，史树青、刘仙洲又对此进行了许多研究，分别见文献 [65] [66]。

[64]《太平御览》卷七七五。其中之“轩”字，史树青疑之为“斩”字之误，见文献 [65]。

[65] 史树青:《有关汉代独轮车的几个问题》,《文物》1964 年第 6 期。

[66] 刘仙洲:《我国独轮车的创始时期应上推到西汉晚年》,《文物》1964 年第 6 期。

[67] 容庚:《汉武梁祠画像录》,《考古学社专集》第 13 种，1936 年第 10 期。

[68]《后汉书・光武帝纪下》唐章怀太子李贤引《汉官仪》注。

[69] 广州市文物管理处等:《广州秦汉造船工场遗址试掘》,《文物》1977 年第 4 期。

[70] 王永波:《从考古发掘看我国早期造船业》,《船史研究》1989 年第 4 ~ 5 期。

[71] 王冠倬:《汉代造船技术的发展》,《文物天地》1986 年第 2 期。

[72] 广州市文物管理委员会:《广州皇帝冈西汉木椁墓发掘简报》,《考古》1957 年第 4 期。

[73] 长江流域第二期文物考古工作人员训练班:《湖北江陵凤凰山西汉墓发掘简报》,《文物》1974 年第 6 期。原报道说出土 5 件桨，未提舵；文献 [74] 说，可能其中一桨便是舵。

[74] 王冠倬等:《中国古船扬帆四海》第 94 页，人民教育出版社，1996 年。

[75] 广州市文物管理委员会:《广州市东郊东汉砖室墓清理纪略》,《文物参考资料》1955 年第 6 期。

[76] 阙绪杭等:《隋唐运河柳孜唐船及其拖舵的研究》,《技术史研究》（论文集），哈尔滨工业大学出版社，2002 年。

[77] 广西壮族自治区文物工作队:《广西贵县罗泊湾一号墓发掘简报》,《文物》1978 年第 9 期。

[78] 王冠倬:《从碇到锚》,《船史研究》1985 年第 1 期。

[79] 吴大澂:《权衡度量实验考》，成于 1894 年，刻印于 1915 年。

[80] 刘东瑞:《世界上最早的游标量具——新莽铜卡尺》,《中国历史博物馆刊》总第 1 期，1979 年。

[81] 李健广:《东汉铜卡尺》,《文物天地》1994 年第 6 期。

[82] 转引自李健广:《东汉铜卡尺》,《文物天地》1994 年第 6 期。

[83] 白尚恕:《王莽卡尺的结构、用法及在数理上的分析》,《中国历史博物馆馆刊》总第 3 期，1981 年。

[84] 邓朝源:《安徽考古获重大成果——天长汉墓群出土大批珍贵文物》,《中国文物报》1992 年 7 月 5 日。

[85] 中国科学院考古研究所:《洛阳烧沟汉墓》，科学出版社，1959 年。

[86] 黄河水库考古工作队:《河南陕县刘家渠汉墓》,《考古学报》1965 年第 1 期。

[87] 李众:《中国封建社会前期钢铁冶炼技术发展的探讨》,《考古学报》1975 年第 2 期。

[88] 安徽文物考古研究所等:《安徽天长县三角圩战国西汉墓出土文物》,《文物》1993 年第 9 期。原报道说，此刨整体呈曲尺形，原有弯木柄，通长 15.7 厘米、刨刀长 16.0 厘米、刃宽 2.5 厘米。长方形銎，双刃，前推后拉均可起到刨光作用，并附图，其形态与锛、铲、床刨都不同，确实名称待考。伴出物见本章第二节（文献 [81]）。

[89] 孙机:《我国古代的平木工具》,《文物》1987 年第 10 期。

[90] 何堂坤:《平木用刨考》,《文物》1996 年第 7 期。

[91] 赵吴成:《平木用“刨”新发现》,《文物》2005 年第 11 期。

[92] 陕西省考古研究所汉陵考古队:《汉景帝阳陵南区从葬坑发掘第二号简报》,《文物》1994 年第 6 期。

第五节 纺织技术的发展

[1] 宋伯胤:《汉代丝绸琐记》,《丝绸史研究》1986 年第 2 期。

[2] 刘志远:《四川汉代画像砖艺术》第 6 图,中国古典艺术出版社,1958 年。画像砖高 23 厘米、长 26 厘米,载一人于桑树林中采桑。

[3] 吴荣曾:《和林格尔汉墓壁画中反映的东汉社会生活》,《文物》1974 年第 1 期。

[4] 嘉峪关市文物清理小组:《嘉峪关汉画像砖墓》,《文物》1972 年第 12 期。

[5] 汉崔寔:《四民月令》,石声汉校注,中华书局,1965 年。

[6] 宋伯胤等:《从汉画像石探索汉代织机构造》,《文物》1962 年第 3 期。

[7] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 161 页。科学出版社,1984 年。

[8] 上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》,文物出版社,1980 年。“大麻物理性能”见第 72 ~ 75 页,“苘麻”见第 69 ~ 70 页。

[9] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 130 ~ 133 页,科学出版社,1984 年。

[10] 纪南城凤凰山一六八号汉墓发掘整理组:《湖北江陵凤凰山一六八号汉墓发掘简报》,《文物》1975 年第 9 期。

[11] 凤凰山一六七号汉墓发掘整理小组:《江陵凤凰山一六七号汉墓发掘简报》,《文物》1976 年第 10 期。

[12] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》,科学出版社,1984 年。“苎麻脱胶”见第 137 ~ 138 页。

[13] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 141 页,科学出版社,1984 年。

[14] 新疆维吾尔自治区博物馆:《新疆民丰北大沙漠中古遗址墓葬区东汉合葬墓清理简报》,《文物》1960 年第 6 期。

[15] 新疆维吾尔自治区博物馆考古队:《新疆民丰大沙漠中的古代遗址》,《考古》1961 年第 3 期。

[16] 文物编辑委员会:《文物考古工作十年(1979 ~ 1989)》第 348 ~ 349 页,“新疆”部分,文物出版社,1990 年。

[17] 新疆文物考古研究所:《吐鲁番交河故城沟北 1 号台地墓葬发掘简报》,《文物》1999 年第 6 期。

[18] 斯坦因:《西域考古记》第八章第 109 页,向达译。

[19] 文物编辑委员会:《文物考古工作十年(1979 ~ 1989)》第 349 页,“新疆”部分,文物出版社,1990 年。

[20] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 399 页,科学出版社,1984 年。

[21] 沙比提:《从考古发掘资料看新疆古代的棉花种植和纺织》,《文物》1973 年第 10 期。

[22]《史记》卷一二九“货殖列传”裴骃“集解”引《汉书音义》。

[23]《汉书》卷九一“货殖传”唐颜师古注。

[24] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 146 页,科学出版社,1984 年。

[25] 赵承泽主编:《中国科学技术史·纺织卷》第 146 页,科学出版社,2002 年。

[26] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 149 页,科学出版社,1984 年。

［27］于绍杰:《中国植棉史考证》，《农史研究》1993年第2期。

［28］赵承泽主编:《中国科学技术史·纺织卷》第148页，科学出版社，2002年。

［29］章楷:《我国历史上栽培棉花种类的演变》，《农史研究》第五辑，农业出版社，1985年。

［30］容观琼:《关于我国南方植棉历史研究的一些问题》，《文物》1979年第8期。

［31］《异物志》，《文选》第三册，卷五《吴都赋》刘渊林注，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第428碟。

［32］王黎琳等:《江苏铜山县青山泉的纺织画像石》，《文物》1980年第2期。

［33］段拭:《江苏铜山洪楼东汉墓出土纺织画像石》，《文物》1962年第3期。

［34］泗洪县文化馆:《泗洪县曹庄发现一批画像石》，《文物》1975年第3期。

［35］刘家骥等:《金雀山西汉帛画临摹后感》，《文物》1977年第11期。

［36］安徽省文物工作队:《安徽南陵县麻桥东吴墓》，《考古》1984年第11期。

［37］上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》，文物出版社，1980年。瑟弦分析见第13～14页、18页。

［38］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第180页，科学出版社，1984年。

［39］赵承泽主编:《中国科学技术史·纺织卷》第166页，科学出版社，2002年。

［40］李崇州:《我国古代的脚踏纺车》，《文物》1977年第12期。

［41］文献［6］统计了7块纺织画像石，分别出土或见于滕县宏道院、龙阳店、嘉祥县武梁祠、肥城孝堂山郭巨祠、济宁晋阳山慈云寺、江苏沛县留城镇、铜山县洪楼。另外，文献［32］还说铜山青山泉出土1块；文献［34］说泗洪出土1块；文献［42］说安徽宿县建宁四年墓出土1块；文献［43］说四川成都曾家包东汉墓出土1块。此外，其他地方可能还有一些。超过11块是肯定的。

［42］宿县纺织画像石见《文物考古工作三十年（1949～1979)》第236页，“安徽省”部分，文物出版社，1979年。

［43］成都市文物管理处:《四川成都曾家包东汉画像砖石墓》，《文物》1981年第10期。

［44］鲍晓风:《秦汉丝绸》，《丝绸史研究》1988年第2期。

［45］夏鼐:《我国古代蚕、桑、丝、绸的历史》，《考古学和科技史》，科学出版社，1979年。原载《考古》1972年第2期。

［46］高汉玉:《汉画像石上的纺织图释》，《丝绸史研究》1986年第2期。

［47］赵翰生:《中国古代多臂织机再研究》，《自然科学史研究》2003年第2期。

［48］孙毓棠:《释关于汉代机织技术的两段史料》，《中国纺织科学技术史资料》第一集，1980年。

［49］赵承泽主编:《中国科学技术史·纺织卷》第195～196页，科学出版社，2002年。

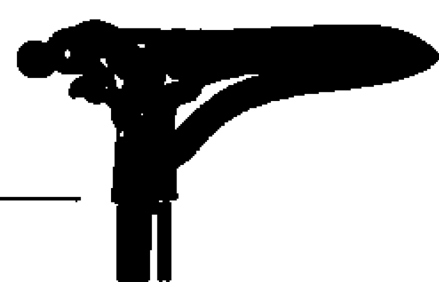
［50］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史（古代部分)》，科学出版社，1984年。“罗织机”见第220页，“梭和筘”见第230～233页。

［51］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第225～226页，科学出版社，1984年。

［52］甘肃居延考古队:《居延汉代遗址的发掘和新出土的简册文物》，《文物》1978年第1期。图版贰，4，织网竹梭。

［53］李仁溥:《中国古代纺织史稿》第46～48页，岳麓书社，1983年。

［54］《钦定古今图书集成》“考工典”第七九九册，第二四〇卷，“砧杵部”第43页。并见《钦定历代赋彙》第六十九册，卷九八，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第438碟。



［55］朱冰等:《四川永兴汉墓出土染色绢分析》,《中国科技史料》2003 年第 2 期。

［56］《重修政和经史证类备用本草》卷一三“木部·栀子”引陶弘景。

［57］上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》,文物出版社,1980 年。栀染色见第 92～101 页。

［58］《本草纲目》卷一五“红蓝花”条“集解”引晋张华《博物志》。

［59］赵丰:《红花在古代中国的传播、栽培和应用》,《中国农史》1987 年第 3 期。

［60］上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》,文物出版社,1980 年。“色谱”见第 116 页。

［61］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 250 页,科学出版社,1984 年。云《说文解字》列有 10 类 39 种,今省略了一些。

［62］史树青:《古代科技事物四考》,《文物》1962 年第 3 期。

［63］黄盛璋:《染杯、染炉初考》,《文博》1994 年第 3 期。

［64］宋吕大临:《考古图》第三册,卷一〇,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 315 碟。

［65］《仪礼·公食大夫礼》、《仪礼·特牲馈食礼》,分别见《十三经注疏》第 1081 页下、1184 页上。

［66］从长沙出土的战国砝码看,楚国一斤约合今 250 克左右。见丘光明:《试论楚国衡制》,《考古》1982 年第 5 期。郭伟民:《沅陵楚墓新近出土铭文砝码小识》,《考古》1994 年第 8 期。

从西安上林苑出土的铭文马蹄金看,武帝时一斤约合今 253.46 克。见李正德等:《西安汉上林苑发现的马蹄金和麟趾金》,《文物》1977 年第 11 期。

［67］上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》,文物出版社,1980 年。镂空型版印花见第 106 页,彩版三二、三七。

［68］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 269～282 页,科学出版社,1984 年。

［69］赵承泽主编:《中国科学技术史·纺织卷》第 285 页,科学出版社,2002 年。

［70］江西省历史博物馆:《江西贵溪崖墓发掘简报》,《文物》1980 年第 11 期。

［71］李科友:《贵溪崖墓》,文物出版社,1990 年。

［72］吕烈丹:《南越王墓出土的青铜印花凸版》,《考古》1989 年第 2 期。

［73］上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》,文物出版社,1980 年。金银色印花纱,见第 108～110 页,纹样见图版第叁拾陆。

［74］王㐨:《马王堆汉墓的丝织物印花》,《考古》1979 年第 5 期。

［75］陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第 272～276 页,科学出版社,1984 年。

［76］高承:《事物纪原》第十册,卷一〇,第二五页,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 323 碟。

［77］新疆维吾尔自治区博物馆:《新疆民丰县北大沙漠中古遗址墓葬区东汉合葬墓清理简报》,《文物》1960 年第 6 期。《新疆出土文物》第 21 页,文物出版社,1975 年。

［78］林向:《川东峡江地区的崖墓》,《民族论丛》第 1 期。

［79］赵承泽主编:《中国科学技术史·纺织卷》第 286～287 页,科学出版社,2002 年。

［80］中国社会科学院考古研究所:《满城汉墓发掘报告》(上)第 154 页,文物出版社,1980 年。

［81］甘肃省博物馆:《甘肃武威磨嘴子汉墓发掘》,《考古》1960 年第 9 期。嘉峪关市文物清理小组:《武威磨嘴子三座汉墓发掘简报》,《文物》1972 年第 12 期。

[82] 上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》，文物出版社，1980年。锦见第33~43页。

[83] 武敏:《新疆出土汉—唐丝织品初探》,《文物》1962年第7、8期。

[84] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第325~340页，科学出版社，1984年。

[85] 楼婷:《“五星出东方利中国”汉式锦——国家级文物》,《北方文物》2002年第2期。

[86] 夏鼐:《新疆发现的古代丝织品——绮、锦和刺绣》,《考古学报》1963年第1期。

[87] 上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》，文物出版社，1980年。刺绣见第55页。

[88] 上海市纺织科学研究院等文物研究组:《长沙马王堆一号汉墓出土纺织品的研究》，文物出版社，1980年。绮见第23~28页。

[89] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史（古代部分)》第305~306页，科学出版社，1984年。

第六节　造纸技术的发明

[1] 黄文弼:《罗布淖尔考古记》第168页，国立北平研究院，1948年。

[2] 田野:《陕西省灞桥发现西汉的纸》,《文物参考资料》1957年第7期。

[3] 甘肃居延考古队:《居延汉代遗址的发掘和新出土的简册文物》,《文物》1978年第1期。

[4] 王菊华等:《从几种汉纸的分析鉴定试论我国造纸术的发明》,《文物》1980年第1期。

[5] 王菊华、李玉华:《二十世纪有关纸的考古发现不能否定蔡伦发明造纸术》(2),《文物保护与考古科学》2002年第2期。

[6] 罗西章:《陕西扶风中颜村发现西汉窖藏铜器和古纸》,《文物》1979年第9期。

[7] 潘吉星:《喜看中颜村西汉窖藏出土的麻纸》,《文物》1979年第9期。

[8] 潘吉星:《从考古新发现看造纸技术的起源》,《纸史研究》第1辑，1985年12月。

[9] 甘肃省博物馆等:《敦煌马圈湾汉代烽燧遗址发掘简报》,《文物》1981年第10期。

[10] 甘肃省文物考古研究所等:《甘肃天水放马滩战国秦汉墓群的发掘》,《文物》1989年第2期。

[11] 国家文物局、中国历史博物馆:《中国古代科技文物展》，朝华出版社，1997年。文献[10]说放马滩纸地图是“黑线”绘制的，文物展览的说明文则进一步说是“墨线”绘制的。

[12] 悬泉置遗址发掘队:《汉悬泉置遗址发掘获重大收获》,《中国文物报》1992年1月5日。

[13] 蒋迎春:《本报评出九一年十大考古新发现》,《中国文物报》1992年2月2日。

[14] 阎渭清:《汉代悬泉置遗址》,《中国考古学年鉴（1992年)》，文物出版社，1994年。

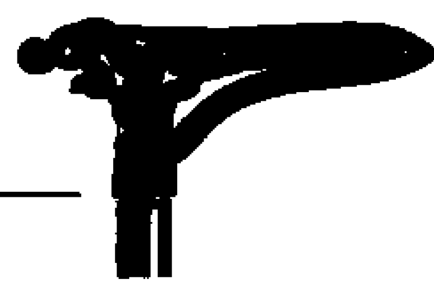
[15] 甘肃省文物考古研究所:《甘肃敦煌汉代悬泉置遗址发掘简报》,《文物》2000年第5期。

[16] 潘吉星:《世界上最早的植物纤维纸》,《文物》1964年第11期。

[17] 许鸣岐:《对三次出土的西汉古纸的验证》,《科技史文集》第15辑，上海科学技术出版社，1985年。

[18] 王菊华等:《再论“灞桥纸”不是纸》,《纸史研究》第1辑，1985年12月。

[19] 王菊华、李玉华:《二十世纪有关纸的考古发现不能否定蔡伦发明造纸术》(1),《文物保护与考古科学》2002年第1期。



[20] 戴家璋:《再论“灞桥纸”是废麻絮的真象——与潘吉星先生再商榷》,《纸史研究》第9辑，1991年。戴家璋:《中国造纸技术简史》，中国轻工业出版社，1994年。

[21] 郑啸等:《浅议“马圈湾西汉纸”假说并提问》,《纸史研究》第2辑，1986年10月。荣元恺:《关于马圈湾纸是唐代的分析论证》，黄河、刘文桂主编:《纸史研究论文选集》，中国造纸学会纸史委员会、吉林造纸厂科学技术协会汇编，1991年。1996年戴家章惠赠。

[22] 徐国旺:《悬泉置纸不应断为东汉前纸》,《纸史研究》第12辑，1995年。

[23] 劳榦:《论中国造纸术之原始》,《历史语言研究所集刊》第十九本，第489~498页，商务印书馆，1948年。

[24] 张德钧:《关于造纸在我国的发展和起源的问题》,《科学通报》1955年第10期。刘仁庆:《中国造纸史话》第23页，轻工业出版社，1978年。

[25] 陈大川:《中国造纸术盛衰史》第55~56页，台北中外出版社，1979年。

[26] 新疆维吾尔自治区博物馆:《新疆民丰县北大沙漠中古遗址墓葬区东汉合葬墓清理简报》,《文物》1960年第6期。

[27] 武威县文管会:《甘肃省武威县旱滩坡东汉墓发现古纸》,《文物》1977年第1期。

[28] 原出自 Serindia: Detailed Report of Explorations in Central Asia and Westernmost China. Oxford, Clarendon Press, 1921(《西域考古图记》)。转引自姜亮夫《敦煌——伟大的文化宝藏》第1页，上海古典文学出版社，1956年。

[29] 原出自 August Courady: Die Chinesischen and Sonstigen Kleinfunde Sven Hedin in Lou - lan(《斯文赫定在楼兰发现的中文写本及其他零物》)，今转引自姜亮夫《敦煌——伟大的文化宝藏》第1页。

[30] 原出自 É d. Chavannes: Les Documents Chinois, découverts par Aurel Stein dans les sablesdu Turkestan Oriental(《斯坦因东土尔其斯坦发现之中文文书》)，转引自姜亮夫《敦煌——伟大的文化宝藏》第2页。

[31] 潘吉星:《谈旱滩坡东汉墓出土的麻纸》,《文物》1977年第1期。

[32] 王诗文:《中国传统手工纸事典》，财团法人树火纪念纸文化基金会发行(台北)，2001年。

[33] 张永惠等:《中国造纸原料纤维纸的观察》,《造纸技术》1957年第12期。

[34]《中国造纸原料图谱》，轻工业出版社，1965年。

[35] 孙宝明等:《中国造纸植物原料志》，轻工业出版社，1959年。

[36] 河北轻工业学院造纸教研室:《制浆造纸工艺学》上册，轻工业出版社，1961年。

[37] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第137~138页，科学出版社，1984年。

[38] 潘吉星:《中国造纸技术史稿》第39页，文物出版社，1979年。

[39]《说文解字注》第564页，“水部”。上海古籍出版社，1981年。

[40] 荣元恺:《纸药——发明造纸术中决定性的关键》,《纸史研究》(六)，1989年。

[41] 晋袁宏:《后汉纪》第七册，卷一四，第16页，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第207碟。

[42]《东观汉记》(第一册)卷六“和熹邓皇后”:“太后临朝，万国贡献悉令禁绝，岁时但贡纸墨而已。”文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第214碟。

[43]《北堂书》卷一〇四引。

[44] 戴家璋:《中国造纸技术简史》第68页，中国轻工业出版社，1994年。

[45]《书断》，元陶宗仪《说郛》第一〇五册，卷八七下，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第319碟。

［46］长沙市文物工作队等:《关于长沙出土三国东吴简牍的数量和内容》,《中国文物报》1997年2月16日。

［47］胡平生等:《新发现的长沙走马楼简牍的重大意义》,《光明日报》1997年1月14日。

［48］《（19)96年全国十大考古新发现评选揭晓》,《中国文物报》1997年2月2日。

［49］商承祚:《战国楚帛书述略》,《文物》1964年第9期。

［50］湖南省博物馆:《长沙子弹库战国木椁墓》,《文物》1974年第2期。

［51］湖南省博物馆等:《长沙马王堆二、三号汉墓发掘简报》,《文物》1974年第7期。

［52］陈大川:《中国造纸技术盛衰史》第18~19页,中外出版社,台北,1979年。

［53］杨巨中:《中国古代造纸史渊源》第24~25页,三秦出版社,2001年。

［54］《通俗文》,引自《太平御鉴》卷六〇五。

［55］引自《太平御览》卷六〇五,见文渊阁《钦定四库全书》,台湾商务印书馆版893~901。今通行的中华书局本《太平御览》卷六〇五,“王隐《晋书》”条错漏稍多。并见《释名疏证补》卷六“释书契·纸”,毕沅引云。

［56］袁翰青:《中国化学史论文集》第106页,三联书店,1956年。

［57］《云麓漫钞》,《笔记小说大观》第六册,江苏广陵古籍刻印社,1983年。

［58］（美）钱存训:《纸的起源新证:试论战国秦简中的纸字》,《文献季刊》2002年第1期。

第七节　髹漆技术的发展

［1］广州市文物管理委员会:《广州三元里马鹏冈西汉墓》,《考古》1962年第10期。

［2］葛季芳:《云南出土漆器和传世雕漆》,《云南文物》2001年第1期。

［3］甘肃省博物馆:《武威磨嘴子三座汉墓发掘简报》,《文物》1972年第12期。另见《考古》1960年第9期、《考古》1960年第5期。据前文所载,“考工”铭漆耳杯原文为46字,释文为47字;因原文中一句话为“考工并造”4字,释文为“考工工并造”5字。今从释文。

［4］宁夏回族自治区博物馆:《银川附近的汉墓和唐墓》,《文物》1978年第8期。

［5］内蒙古自治区文物工作队:《呼和浩特二十家子古城出土的西汉铁甲》,《考古》1975年第4期。

［6］湖南省博物馆等:《长沙马王堆一号墓》,文物出版社,1973年。

［7］湖南省博物馆等:《长沙马王堆二、三号墓发掘简报》,《文物》1974年第7期。不包括髹漆的兵器和乐器,马王堆三座墓所出一般漆器约500件左右。

［8］长江流域第二期文物考古工作人员训练班:《湖北江陵凤凰山西汉墓发掘简报》,《文物》1974年第6期。

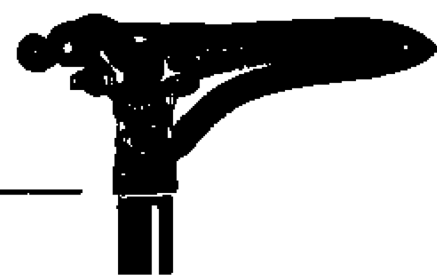
［9］凤凰山一六七号汉墓发掘整理小组:《江陵凤凰山一六七号汉墓发掘简报》,《文物》1976年第10期。

［10］纪南城凤凰山一六八号汉墓发掘整理组:《湖北江陵凤凰山一六八号汉墓发掘简报》,《文物》1975年第9期。

［11］傅举有:《中国漆器的巅峰时代——汉代漆工艺综论》,《中国历史暨文物考古研究》,岳麓书社,1999年。

［12］广西壮族自治区博物馆:《广西贵县罗泊湾汉墓》第69页,文物出版社,1988年。广西壮族自治区文物工作队:《广西贵县罗泊湾一号墓发掘简报》,《文物》1978年第9期。

［13］绵阳博物馆等:《绵阳永兴双包山二号西汉木椁墓发掘简报》,《文物》1996年第10期。



[14] 安徽省文物工作队等:《阜阳双古堆西汉汝阴侯墓发掘简报》,《文物》1978 年第 8 期。原报告说漆奁上“有针刻篆书涂朱文字”。

[15] 胥泽蓉:《绵阳双包山 2 号汉墓出土大批珍贵文物》,《中国文物报》1995 年 12 月 3 日。

[16] 中国社会科学院考古研究所等:《满城汉墓发掘报告》第 145 ~ 153 页,文物出版社,1980 年。并见《考古》1974 年第 1 期第 67 页。

[17] 梁国光、麦英豪:《秦始皇统一岭南地区的历史作用》,《考古》1975 年第 4 期。

[18] 俞伟超、李家浩:《马王堆一号汉墓出土漆器制地诸问题——从成都市府作坊至蜀郡工官作坊的历史变化》,《考古》1975 年第 6 期。

[19] 俞伟超:《汉代的“亭”“市”陶文》,《文物》1963 年第 2 期。

[20] 蒋英炬:《临沂银雀山西汉墓漆器铭文考释》,《考古》1975 年第 6 期。

[21] 山东省博物馆等:《临沂银雀山四座西汉墓》,《考古》1975 年第 6 期。

[22] 安徽省文物考古研究所等:《安徽天长县三角圩战国西汉墓出土文物》,《文物》1993 年第 9 期。

[23] 梅原末治:《支那漢代紀年銘漆器圖说》,京都桑名文星堂,昭和十八年。内总录两汉漆器 56 枚(组),其中西汉 41 枚(组)、新莽 7 枚(组)、东汉 8 枚。有纪年铭者计 44 枚,其中西汉 30 枚、新莽 6 枚、后汉 8 枚,计 44 枚。其中年代最早的是 3 件始元二年(前 85 年)“蜀西工”铭漆耳杯,年代最晚的是永平十四年(公元 71 年)“蜀郡西工”铭漆耳杯、漆案。

[24] 贵州省博物馆:《贵州清镇、平坝汉墓发掘报告》,《考古学报》1959 年第 1 期。

[25] 贵州省博物馆:《贵州清镇平坝汉至宋墓发掘简报》,《考古》1961 年第 4 期。

[26] 李合群等:《杞县清理一座西汉大型木椁墓》,《中国文物报》1997 年 9 月 14 日。开封市文物管理处:《河南杞县许村岗一号汉墓发掘简报》,《考古》2000 年第 1 期。

[27] 扬州博物馆等:《江苏邗江县杨寿乡宝女墩新莽墓》,《文物》1991 年第 10 期。

[28] 湖南省文物考古研究所等:《湖南永州市鹞子岭二号西汉墓》,《考古》2001 年第 4 期。

[29] 李学勤:《四海寻珍》第 71 ~ 72 页,清华大学出版社,1998 年。

“建平三年蜀郡西工造”漆盒盖原载文献[23],现藏于德国斯图加特林登博物馆,但梅原末治博士一直未见实物,唯于 1935 年获得过图片。李学勤曾于 1986 年在德国斯图加特林登博物馆看到过此器,并纠正了此器铭文解释中的不确之处。其铭计 65 字。

[30] 今引自《诸子集成本》。舒玉,有的版本作“野王”,较难理解。银口,有的版本作“银钔”。

[31] 扬州博物馆:《扬州西汉“妾莫书”木椁墓》,《文物》1980 年第 12 期。

[32] 扬州市博物馆:《江苏邗江姚庄 101 号西汉墓》,《文物》1988 年第 2 期。李则斌:《汉砚品类的新发现》,《文物》1988 年第 2 期。对姚庄汉墓中的漆砚,今依清代学者的命名法,称之为“漆沙砚”,而不是“漆砂砚”。本书各章同此。这不但是其中沙粒十分细小,而且研磨时发出“沙沙”的声音。但当今学术界也有人写成“漆砂砚”的(见本书第九章)。

[33] 扬州市博物馆等:《扬州邗江县胡场汉墓》,《文物》1980 年第 3 期。

[34] 印志华:《扬州邗江县郭庄汉墓》,《文物》1980 年第 3 期。

[35] 南京博物院等:《江苏扬州七里甸汉代木椁墓》,《考古》1962 年第 8 期。

[36] 苏北治淮文物工作组:《扬州凤凰河汉代木椁墓出土的漆器》,《文物》1957 年第 7 期。

[37] 南京博物院等:《海州西汉霍贺墓清理简报》,《考古》1974 年第 3 期。

[38] 陈直:《两汉经济史料论丛》第 215 页,陕西人民出版社,1980 年。后德俊:《汈及汈工初论》,《文物》1993 年第 12 期。

［39］陈振裕:《漪与漪工探析》，原载《于省吾教授百年诞辰纪念文集》，吉林大学出版社，1996 年。

［40］周世荣:《汉代漆器铭文‘汭工’考》,《考古》2004 年第 1 期。孙机:《关于汉代漆器的几个问题》,《文物》2004 年第 12 期。

［41］长沙市文化局文物组:《长沙咸家湖西汉曹㜸墓》,《文物》1979 年第 3 期。

［42］山东大学考古系等:《山东长清县双乳山一号汉墓发掘简报》,《考古》1997 年第 3 期。漆器数量此文未曾详说。

［43］湖北省博物馆:《云梦大坟头一号汉墓》,《文物资料丛刊》(4)，1981 年。

［44］佐藤武敏:《中国古代工业史の研究》，木心夹纻胎见第 239 页、乐浪郡漆器成分见 244 页，古川弘文馆，昭和三十七年。

［45］黄文弼:《罗布淖尔考古记》第五章“漆器类”第 153 页，国立北平研究院，1948 年。

［46］徐鹏章:《成都凤凰山西汉木椁墓》,《考古》1991 年第 5 期。

［47］广州市文物管理委员会:《广州市龙生冈 43 号东汉木椁墓》,《考古学报》1957 年第 1 期。

［48］诸城县博物馆:《山东诸城县西汉木椁墓》,《考古》1987 年第 9 期。

［49］山西省平朔考古队:《山西省朔县赵十八庄一号汉墓》,《考古》1988 年第 5 期。

［50］山西省文物工作委员会等:《山西浑源毕村西汉木椁墓》,《文物》1980 年第 6 期。

［51］湖北省博物馆:《光化五座坟西汉墓》,《考古学报》1976 年第 2 期。

［52］襄阳地区博物馆:《襄阳擂鼓台一号汉墓发掘简报》,《考古》1982 年第 2 期。

［53］临沂市博物馆:《山东临沂金雀山九座汉代墓》,《文物》1989 年第 1 期。

［54］《髹饰录解说》第 106 页，文物出版社，1983 年。《髹饰录》一书原为明庆隆黄成著，明天启杨明注，今人王世襄解说。

［55］南波:《江苏连云港市海州西汉侍其繇墓》,《考古》1975 年第 3 期。

［56］南京博物院:《江苏连云港市海州网疃庄汉木椁墓》,《考古》1963 年第 6 期。

［57］杨子范等:《山东莱西县汉木椁墓中出土的漆器》,《文物》1959 年第 4 期。

［58］狐刚子:《出金矿图录》，见《黄帝九鼎神丹经诀》卷九，《道藏》总第 584 册。

［59］徐州博物馆:《徐州石桥汉墓清理报告》,《文物》1984 年第 11 期。

［60］潍坊市博物馆等:《山东五蓬张家仲崮汉墓》,《文物》1987 年第 9 期。

［61］北京市古墓发掘办公室:《大葆台西汉木椁墓发掘简报》,《文物》1977 年第 6 期。

［62］山东省淄博市博物馆:《西汉齐王墓随葬器物坑》,《考古学报》1985 年第 2 期。

［63］湖南省博物馆:《长沙砂子塘西汉墓发掘报告》,《文物》1963 年第 2 期。

［64］中国科学院考古研究所:《洛阳烧沟汉墓》第 205 页，科学出版社，1959 年。

［65］《汉官旧仪》，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学电子版第 241 碟。

［66］王世襄:《中国古代漆工杂述》,《文物》1979 年第 3 期。

［67］《髹饰录解说》第 112 页，文物出版社，1983 年，王世襄解说。

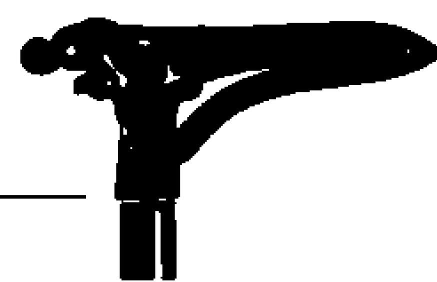
［68］《髹饰录解说》第 137 页，文物出版社，1983 年，王世襄解说。

［69］《髹饰录解说》第 136 页，文物出版社，1983 年，杨明注。

［70］《通俗编》卷十二载:“《唐六典》有十四种金：曰销金、曰拍金、曰镀金、曰织金、曰研金、曰披金、曰泥金、曰镂金、曰戗金、曰撚金、曰圈金、曰贴金、曰嵌金、曰裹金。”(清陈元龙《格致镜原》卷三十四所引基本相同)

［71］何堂坤:《刻纹铜器科学分析》,《考古》1993 年第 5 期。

［72］河南文物研究所:《信阳楚墓》，文物出版社，1986 年。



第八节 玻璃技术的发展

[1] 郑隆:《内蒙古扎赉诺尔古墓群调查记》,《文物》1961 年第 9 期。有琉璃珠。

[2] 东北博物馆:《辽宁三道濠西汉村落遗址》,《考古学报》1957 年第 1 期。有琉璃珠、琉璃耳珰。

[3] 史美光等:《一批中国古代铅玻璃的研究》,《中国古玻璃研究(1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986 年。酒泉出土有玻璃耳珰。

[4] 甘肃省文物管理委员会:《兰新铁路武威—永昌沿线工地古墓清理概况》,《文物参考资料》1956 年第 6 期。有料珠。

[5] 史美光等:《青海大通县出土汉代玻璃的研究》,《科技考古论丛》(第二届全国科技考古学术讨论会论文集),中国科技大学出版社,1991 年。青海省文物考古研究所:《上孙家寨汉晋墓》,文物出版社,1993 年。

[6] 新疆维吾尔自治区博物馆:《新疆民丰县北大沙漠中古遗址墓葬区东汉合葬墓清理简报》,《文物》1960 年第 6 期。有琉璃珠。

[7] 刘志远:《成都天迴山崖墓清理记》,《考古学报》1958 年第 1 期。有琉璃耳珰。

[8] 贵州省博物馆:《贵州清镇平坝汉墓发掘报告》,《考古学报》1959 年第 1 期。有琉璃珠,琉璃小狮,琉璃耳珰。

[9] 广州市文物管理委员会:《广州市龙生岗 43 号木椁墓和漆器》,《考古学报》1957 年第 1 期。

[10] 黄森章:《广州汉墓中出土的玻璃》,《中国古玻璃研究(1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986 年。

[11] 广西省文物管理委员会:《广西贵县汉墓的清理》,《考古学报》1957 年第 1 期。

[12] 黄启善:《广西汉代玻璃制品初探》,《中国古玻璃研究(1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986 年。黄启善:《广西古代玻璃制品的发现及其研究》,《考古》1988 年第 3 期。此说广西出土汉代玻璃碗 3 件,文献 [22] 说为 4 件。

[13] 黄启善:《广西发现的汉代玻璃器》,《文物》1992 年第 9 期。黄启善:《中国南方和西南的古代玻璃技术》,干福熹主编:《中国古代玻璃技术的发展》,上海科学技术出版社,2005 年。

[14] 李银德:《徐州发现一批重要西汉玻璃器》,《东南文化》1990 年第 1 ~ 2 期。徐州博物馆等:《徐州北洞山西汉楚王墓》,文物出版社,2003 年。分析报告并见发掘报告所载史美光等:《徐州古代玻璃的新发现》。此墓年代为公元前 128 年。

[15] 程朱海等:《扬州西汉墓玻璃衣片的研究》,《中国古玻璃研究(1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986 年。

[16] 建筑材料研究院等:《中国早期玻璃器检验报告》,《考古学报》1984 年第 3 期。

[17] 广州市文物管理委员会等:《西汉南越王墓》,文物出版社,1991 年。

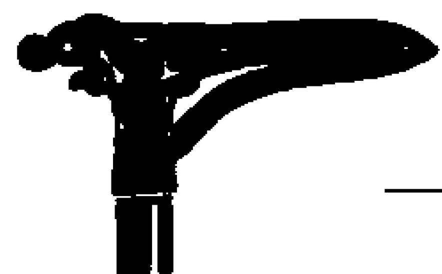
[18] 河南省文化局文物工作队:《河南禹县白沙汉墓发掘报告》,《考古学报》1959 年第 1 期。

[19] 程朱海:《试探我国古代玻璃的发展》,《硅酸盐学报》1981 年第 1 期。

[20] 广州市文物管理委员会等:《广州汉墓》,文物出版社,1981 年。

[21] 中国社会科学院考古研究所等:《满城汉墓发掘报告》第 212 ~ 214 页、第 386 页,文物出版社,1980 年。

[22] 安家瑶:《中国的早期(西汉—北宋)玻璃器皿》,《中国古玻璃研究(1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986 年。



［23］扬州博物馆:《扬州西汉“妾莫书”木椁墓》,《文物》1980年第12期。

［24］麦英豪等:《广州市东北郊西汉木椁墓发掘简报》,《考古通讯》1955年第4期。原报道写作琉璃碗。

［25］熊传新:《谈中国长沙出土的一件汉代玻璃矛》,《中国古玻璃研究（1984年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986年。此矛的墓葬年代原发掘报告定为西汉晚期（《考古学报》1957年第4期,李正光等文)。熊传新改订为西汉中期。

［26］南京博物院:《江苏邗江甘泉二号汉墓》,《文物》1981年第11期。

［27］《西京杂记》。文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第335碟。

［28］《太平御览》卷八〇八“珍宝·琉璃”引。

［29］何堂坤:《中国古代铜镜的技术研究》,中国科学技术出版社,1992年初版;紫禁城出版社,1999年再版。

［30］蒋玄佁:《古代的琉璃》,《文物》1959年第6期。

［31］《抱朴子·内篇》卷一七“登涉”载:“《金简记》云,以五月丙午日日中,捣五石,下其铜。五石者,雄黄、丹砂、雌黄、矾石、曾青也（孙星衍按:当衍雌黄,脱慈石。前‘金丹篇’不误)。”

［32］杨伯达:《西周至南北朝自制玻璃概述》,《故宫博物院院刊》2003年第5期。

［33］史美光:《西汉南越王墓出土玻璃技术检验报告》,《西汉南越王墓》,文物出版社,1991年。

［34］贵县东汉耳珰属 K_2O-SiO_2 系玻璃之事,见文献［12］。

［35］王步毅等:《安徽古玻璃璧分析》,《考古与文物》1995年第5期。

［36］安家瑶:《中国的早期玻璃制品》,《考古学报》1984年第4期。

［37］干福熹:《中国古玻璃化学组成的演变》,《中国古玻璃研究（1984年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986年。

［38］袁翰青:《我国化学工艺史中的制造玻璃问题》,《中国化学学会1957年度报告会论文摘要》第80~81页。

［39］史美光:《一批中国古代铅玻璃的研究》,《硅酸盐学报》1986年第1期。

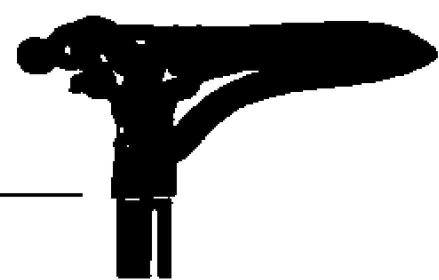
［40］赵匡华:《试探中国传统玻璃的源流及炼丹术在其间的贡献》,《自然科学史研究》1991年第2期。

［41］张福康:《中国古琉璃的研究》,《硅酸盐学报》1983年第1期。

［42］史美光:《一批中国汉墓出土钾玻璃的研究》,《硅酸盐学报》1986年第4期。

［43］安家瑶:《玻璃考古三则》,《文物》2000年第1期。3件玻璃人头坠子系安金槐等于1997年在青岛购得,传为沂南出土,史树青断代为战国至西汉,今暂置西汉内。

［44］黄启善:《广西古代玻璃的研究》,《中国南方古玻璃研究》(2002年南宁中国南方古玻璃研究讨论会文集),上海科学技术出版社,2003年。



第 四 章

魏晋南北朝手工业技术的缓慢发展

魏晋南北朝是我国古代社会大分化、大动荡、大倒退的阶段，若从东汉灵帝中平元年（184 年）爆发以张角为首的黄巾起义算起，到隋文帝开皇九年（589 年）统一全国为止，前后共计 405 年，即使扣除了三国西晋时期的短暂安定，也足足混战了 350 年左右的时间，这是人类历史上的一次重大灾难。

这四百多年的时间大体上可分为四个阶段：（1）东汉末年的军阀混战。黄巾起义被镇压下去后，董卓带兵进入洛阳，他放纵兵士烧杀掠夺、奸淫妇女；又虐刑滥罚，不择手段地消灭异己。董卓被杀后，其部将又转相攻杀，大大小小的割据势力又进行了激烈的兼并，造成了整个中原和关中“白骨露于野，千里无鸡鸣”的悲惨景象(《曹操集·蒿里》)。(2）西晋末年的“八王之乱”。八大王互相厮杀，你攻我夺，许多城市又遭洗劫和焚烧，数十万人丧生。此乱长达 16 年，使西晋前期造成的复苏化为乌有。(3）东晋十六国时期，几个少数民族与汉族之间，以及他们自身之间，进行了更为野蛮的屠杀、兼并和混战，又足足厮杀了 130 多年，成为中国历史上一次空前的大浩劫。一部《晋书》，尤其是其中的“载记”，满载了血淋淋的史实，广大人民不死则逃，来不及逃的都成了屠杀的对象。（4）北魏统一北方。此后才出现了一些安定和生机。

与北方相比较，南方则处于相对稳定，虽有走马灯似的六朝政权更替，又要应付北方的战争，但终未造成大的动乱，所以生产仍有一定发展。中华民族的文化是以黄河、长江流域为中心的多元文化，自新石器时代晚期以来，它的经济、政治中心一直是在中原和关中的，即一直处于黄河流域，夏、商、周、秦、汉莫不如此；魏晋南北朝之后，全国的经济中心开始南移，关中和中原这两个古老的中心开始衰落。

从总体上看，魏晋南北朝手工业正处在一个低峰期，三国、西晋和十六国，都沿用了汉代的技术，很少有新的建树。在考古发掘中，除了孙吴铜镜外，在整个魏晋南北朝时期，精美之器不多。但科学技术毕竟是文明社会发展途程中最为活跃的因素，它经常是在十分困难的条件下，在夹缝中求生存、求发展的。一个社会需要存在，就要发展生产，就要发展科学和技术，所以魏晋南北朝在科学技术上仍取得了一定的进步。其中比较值得注意的是，青瓷技术在南方迅速推广开来，北魏时期，北方亦烧出了青瓷和黑瓷，接着还成功地烧出了白瓷。由于马钧对绫织机的改革，使花织机生产能力大为提高；绫、锦、织成的织造和靛蓝染色，都达到了较高水平。此时还发明了翻车等排灌机械，水磨、水碾、八转连磨、舂

车、磨车等粮食加工机械，木牛流马、帆车、水车等交通机械。尤其值得注意的是，还发明了一种利用螺旋桨来飞行的“飞车”。由于原料的扩展，活动帘床抄纸器的发明和各项加工技术的进步，纸的产量和质量大为提高，最后完成了由简到纸的转变。许多科学技术在当时世界上都处于遥遥领先的地位。

第一节 采矿技术

魏晋南北朝时期，我国金属矿开采技术并无明显提高，大体上都是沿用了汉代的工艺；但在非金属矿，尤其是三大燃料矿物，即对煤炭、石油、天然气的认识、开采和利用上，却获得了长足的进步。此时煤炭开采量已经不小，而且边境地区也已用煤冶铁，很可能还发明了双眼井开采；石油已被人们用作润滑剂和燃料，分别用到了生产和军事上；天然气也被应用于日常生活和煮盐手工业，使我国成为世界上最早开凿天然气井，并最早利用到了煮盐业中的国家。

一、铜矿开采技术

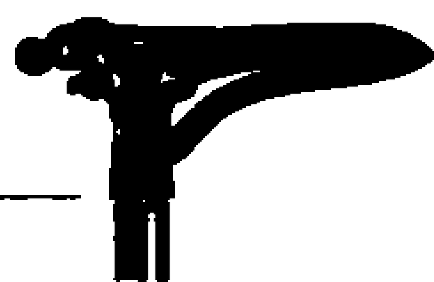
此期的金属矿开采遗址所见较少，技术上亦无大的进步。

1984～1986年，安徽南陵小破头山发掘一处六朝铜矿开采遗址，所用为浅层群井开采法，不见木柱支护。在200平方米范围内，发现有8座竖井（估计原先约有15座），密集地沿山势排列，间距约5米，井口为方形，尺寸约0.7米×0.7米，深一般为5米，最深者超过了8米。竖井接触矿体后，即沿矿体走向采掘，巷道长一般只有2米，个别大于4米。巷道皆为圆筒形，横断面直径约0.8米，井巷间多互相连通。采空后可用废石填充，但有一处是用矿石填充的，用矿量约达4吨。巷道底部见有一层薄薄的木炭屑，很可能与火爆法开采有关。因地层较浅，井口密集，故井下空气对流较好。发现的采矿工具有：铁凿、工具柄、石球、供提升用的平衡石。平衡石大者达30～40千克。当然，此矿井未必能代表当时的先进水平。断代依据主要是小破头山地层内发现有不少青色、酱色半挂釉瓷碗，矿井内还出土有夹砂灰陶[1]。

南陵井字钎山、小破头山等处还发现过六朝时期的露天开采遗址，但规模较小。井字钎山头有数个圆形浅坑，半径10～15米、深2～8米，周围堆有许多废石。“小破头山”之得名，大约便与这露天开采有关，因其山顶最高处的岩石约被劈掉了10米，从而呈现丫形破口。山顶迄今尚存数个人工开凿的沟漕，约长60米、宽20米，沟北堆积有厚达3米的废石和废矿石，其中包括铜、铁矿石。全椒县铜井山发现一处大型露天采场，直径达150米，深数十米，规模之大，甚为罕见，其跨越的年代可能较长[2]。

二、煤炭开采量之增大和使用范围之扩展

我国古代最早接触和使用的煤类矿物是煤精，它主要用作装饰品、工艺品。因古时木柴易于获得，故先秦用煤作燃料是十分稀少的。我国大量开采和使用煤炭的起始年代是汉，魏晋南北朝时期在煤炭开采和使用上都有了一定扩展，技术上亦有了提高。



（一）采煤量之增大

最明显的例子是曹操在邺都（今河北临漳县西南）筑三台（铜雀台、金虎台、冰井台）时，贮藏了数十万片煤炭。《陆士龙文集》卷八载西晋文学家陆云《与兄平原君书》云："一日上三台，曹公藏石墨数十万片①，云烧此，消复可用，然（燃）烟中人不知，兄颇见之不？今送二螺。"[3]此"石墨"即石炭，将之称为"煤"和"煤炭"，大体上是南宋的事。"消复可用"即正在燃烧的煤经扑灭后，可再次使用。"然（燃）烟中人不知"即煤气中毒，这是我国古代关于煤气中毒的最早记载。曹操贮煤量如此之大，在一定程度上反映了当时采煤业的发展。

关于三台贮藏煤的目的和方法，东晋陆翙《邺中记》作了进一步说明，云"三台皆在邺都北城西北隅，因城为基址……北则冰井台，有屋一百四十间，上有冰室，室有数井，井深十五丈，藏冰及石墨。石墨可书，又爇之难尽，又谓之石炭。又有窖粟及盐，以备不虞"。可知三台贮煤，实际上主要是冰井台贮煤，具体做法是把它贮藏于冰窖中，与冰窖贮粟、贮盐同样，都是为了"以备不虞"，以长期备战作燃料用的。冰井贮煤的优点是可减缓它的风化速度。此提到了"石炭"一词，这一名称在我国沿用了相当长一个时期，时至今日，日本民间和学术界依然沿用。魏晋南北朝时期，以煤作燃料已相当的普遍，《隋书》卷六九"王劭传"载，北齐时，王劭上书曰："今温酒及炙肉，用石炭、柴火、竹火、草火、麻荄火，气味各不相同"。这种认识显然是从大量生活实践中得到的。

汉代以前，关于采煤和用煤的资料大体上都是属于北方的，此时却扩展到了南方。南朝雷次宗（？～448年）《豫章记》说："县（建城，今江西高安）有葛乡，有石炭二顷，可燃以爨。"[4]此"爨"即炊。这是我国古代南方采煤用煤的最早记载。

（二）煤炭使用范围之扩展

这主要表现在以下三方面：

1. 部分地区已大量用煤作为坩埚冶铁的燃料。关于这一点，东晋释道安《西域记》曾明确提到。有关情况将在本书"冶金技术"部分，详作介绍。

2. 煤雕技术进一步发展。从考古资料看，先秦煤雕技术的分布地是较窄的，品种亦较少。汉魏南北朝后，此技术进入了普遍发展的阶段，不但产地更宽，品种增多，而且技术上亦有提高。在今四川[5]、甘肃[6]等地，都有此期煤雕品出土，品种有猪、羊、狮子等饰件和印章。甘肃嘉峪关新城出土过一件炭精羊饰，长、宽、高各1.0厘米，由炭精石磨制而成。羊作卧状，四腿盘卧，极其精巧。煤雕艺术的发展，在一定程度上也说明了整个煤炭开发利用技术之发展。

3. 发明了煤香饼。南朝徐陵《徐孝穆集·春情》诗说："风光今旦动，雪色故年残；薄夜迎新节，当垆却晚寒，奇（一作故）香分细雾，石炭捣轻纨……年芳袖里出，春色黛中安。"此第五、六两句所云便是煤香饼的功效和工艺。根据明人杨慎《升庵外集》卷一九所云，其具体制法是："捣石炭为末，而以轻纨筛之，欲其细也……以梨枣汁合之为饼，置于炉中以为香籍，即此物也。"[7]这种煤香饼费

① 此"数十万片"，也有学者引作"数十万斤"。

工费时，成本又高，自然是难入寻常百姓家的，但却是我国古代煤炭加工和使用技术上值得注意的一件事。

（三）煤炭开采技术的进步

《水经注》卷一三“㶟水”在谈到大同煤矿时说：黄水又东历故亭北，“右合火山西谿水，水导源火山，西北流，山上有火井。南北六七十步，广减尺许，源源不见底，炎势上升，常若微雷发响”。“井（火井）北百余步有东西谷，广十许步。南崖下有风穴，厥大容人，其深不测。而穴中肃肃常有微风。虽三伏盛暑，犹须袭裘；寒吹凌人，不可暂停”[8]。从文献描述的情况看，此“风穴”很可能是为煤窑通风而人工开凿的风洞。根据调查，该地露出的地层都是侏罗纪的砂岩和石质页岩，故不可能是石灰岩溶洞；而洞穴又“其深不测”，故亦不可能是风蚀砂岩洞或居民挖的生活用洞。这说明早在南北朝或其之前，我国已由单眼井采煤发展到了双眼井采煤，已掌握了利用进风口与出风口之间的高度差来构成一个良好的自然通风系统，这是我国古代采煤技术上的一项重大进步[9]。这对于改善井巷通风，保证正常生产具有十分重要的意义。

三、对石油的早期认识和利用

我国古代对石油的认识约始于汉，魏晋之后，有关记载明显增加，除《汉书》提到过的高奴县外，酒泉延寿县（今甘肃玉门市）、西域龟兹都发现了石油露头。

《博物记》云：酒泉郡延寿县，“县南有山，石出泉水，入（大）如筥𥮾（音举举，竹篓）；注地为沟，其水有肥，如煮肉洎（汁），羕羕永永，如不凝膏，然（燃）之极明；不可食，县人谓之石漆”[10]。这石漆显然是石油，可见玉门石油早为古人所知。此《博物记》一般认为即是西晋张华（232～300年）《博物志》之异名；也有学者说它原是单独一书，作者是东汉末年唐蒙，待考。

《水经注》卷三“河水”也有类似的说法：“高奴县有洧水，肥可𤏙（燃），水上有肥，可接取用之。《博物志》称：酒泉延寿县南山出泉水，大如筥，注地为沟，水有肥如肉汁，取著器中，始黄后黑，如凝膏，然（燃）极明，与膏无异，膏车及水碓缸最佳。彼方人谓之石漆。水肥亦所在有之，非止高奴县洧水也。”说当时已把石漆当作了润滑剂涂在车和水碓的轴承上，这是我国古代利用石油的最早记载。同时，还可看到，石油在北魏时期已是“所在有之”，而非稀罕之物了。由“接取用之”、“取著器中”可见，此石油当是自然流出，人们在露天条件下便可采取。

《魏书》卷一〇二“西域传·龟兹”条说：“其国西北大山中，有如膏者流出成川，行数里入地；状如䬾餬（浆糊），甚臭。”“西北大山”当指今哈尔克山。可见我国新疆石油亦早已露头。《北史》卷九七“西域传·龟兹”条所载完全相同。

此时人们还把石油用到了军事上，唐李吉甫《元和郡县志》卷四〇“肃州·玉门”条说：“石脂水在县（今玉门镇）东南一百八十里。泉有苔，如肥肉，燃之极明，水上有黑脂，人以草䕩（捞）取，用涂鸱夷酒囊（革制酒囊）及膏车。周武帝宣政（578年）中，突厥围酒泉，取此脂燃火，焚其攻具，得水俞明。酒泉赖以获济。”这里谈到了当时石油的三种用途，即鞣制皮革、膏车以及作为火攻用燃料。此“石脂”即石油。可知魏晋南北朝及唐，石油曾有“石漆”、“水肥”、“石



脂”等名。“石油”一词大约是到了宋代才出现的。

四、对天然气和卤水的开采及利用

我国古代关于天然气的记载至迟始见于汉。魏晋之后，有关记载明显增多。因天然气具有许多奇异的特性，燃烧起来异常壮观和瑰丽，故许多博物学家、辞赋家都为之惊叹不已。西晋左思（250?~305年）《蜀都赋》云：“火井沉荧于幽泉，高焰飞煽于天垂。”刘逵注云：“蜀郡有火井，在临邛县西南。火井，盐井也。欲出其火，先以家火投之，须臾许，隆隆如雷声，焰出通天，光耀十里，以竹筒盛之，接其光而无炭也。”[11]东晋文学家、训诂学家郭璞（276~324年）《盐井赋》说，“饴戎见轸于西邻，火井擅奇乎巴濮。”[12]东晋大书法家王羲之曾给远在千里之外的四川故人周抚写信，十分关切地了解盐井和天然气的有关情况，说：“彼盐井，火井皆有否？足下目见不？欲广见闻。具示。”[13]

除去临邛外，当时的酒泉延寿（今玉门）、范阳（今河北定兴县）、幽州遒县（今已分别划归河北涿县、易县）亦有天然气露头。《博物志》卷二说：“酒泉延寿县南山，名火泉，火出如炬。”《宋书》卷三四“五行志”五说：“晋惠帝光熙元年（306年）五月，范阳地然（燃），可以爨。”《魏书》卷一一二“灵征志”上：“孝昌二年（526年）夏，幽州遒县地然（燃）。”但这些天然气的成因可能与临邛不同，它们应是与石油层有关的。

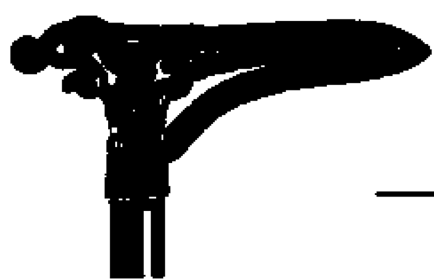
天然气最初大约主要用于照明、做饭等日常生活，之后才用到了煮盐业中。有关记载约始见于西晋时期。张华《博物志》卷二说：“临邛火井一所，从（纵）广五尺，深二、三丈，井在县南百里，昔时人以竹木投以取火，诸葛丞相往视之，后火转盛，热（执）盆盖井上煮盐（水）得盐，入于家火即灭，讫今不复燃矣。”这里谈了天然气的两项用途，一主要是日常照明、取暖和炊事，即“昔时人以竹木投以取火”。二用作煮盐。这是我国，也是世界上利用天然气煮盐的最早记载。

《华阳国志》卷三“蜀志”也有类似说法，且有所补充：临邛县“有火井，夜时光映上昭（照），民欲其火，光（先）以家火投之，顷许，如雷声，火焰出，通耀数十里，以竹筒盛其光藏之，可拽行终日不灭也。井有二水，取井火煮之，一斛水得五斗盐；家火煮之，得无几也”。可知除日常生活和煮盐用天然气外，这里还谈到了简单的储存、携带技术。

这段引文一般都较好理解，但有两句话需要讨论一下。

“井有二水”句。此句甚难索解。明人顾祖禹《读史方舆纪要》卷七一疑其脱漏了三字，遂改为“井有二，一燥一水”。今世学者也有一些不同的解读。承刘德林先生函告云：《华阳国志》的记载并无错漏，确是“井有二水”，顾祖禹之说不过是一种揣测。自古至今，四川凿井开采之卤水皆分两种：一是黑水卤，二是黄水卤。临邛地区在汉晋时期开采的虽是浅层卤水，同样也分两种的，这在明马骥《盐井图说》和清李榕《自流井记》中都曾谈到。马骥所言为川北地区，其浅层卤水分“腰脉水”（上层淡卤水，深度约五十丈）和“咸水”（下层咸卤水，深约六十余丈）两种；李榕所言为川南地区，分为“草皮水”（上层，淡黄水，深约七八十丈）和“黄水”（下层咸黄水，深约百二三十丈）两种。

关于“一斛水得五斗盐”。细细计算一下便知，其实这是不可能的。因18℃



时，1 升水中氯化钠的最大溶解量为 358.6 克，故“一斛水”至多能溶 3 斗多盐，况且浅层卤水距饱和状态甚远。

郦道元《水经注》卷三三“江水”条还引王隐《晋书·地道记》，说朐忍（今重庆云阳）县利用天然气煮盐：“有石煮以为盐，石大者如升，小者如拳，煮之，水竭盐成。”可见天然气煮盐在当时已非独家采用的工艺。

我国使用天然气煮盐的起始年代，学术界曾有过不同看法。1955 年，闻宥在《四川汉代画像选集》第七十四图“煮盐”说明文中，提出我国早在汉代就“利用地下天然煤气煮盐”的观点，之后广为学术界引用。李约瑟《中国科学技术史》第一卷第七章亦持此说。其实，四川汉画像砖所示煮盐用燃料应是木柴[14]；白广美认为，从西晋张华《博物志》的记载来看，井火煮盐的起始年代只宜上推至蜀汉[15]，而不是汉代。我们同意此说。

第二节 冶金技术

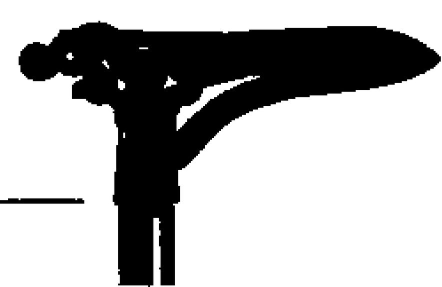
魏晋南北朝的冶金业不甚发达，尤其北方，有时甚至陷入了停滞、瘫痪的状态；南方社会虽较安定，生产状况亦远逊于汉。此期的冶铸遗物比较值得注意的是 1974 年河南渑池出土的窖藏铁器，计 60 多种，4000 多件，3500 千克。种类包括铁范、农具、手工业工具、交通工具、铁材、烧结铁等。据考察，除了六角锄和铁板镢等少数器物为汉器外，其余多属于曹魏至北魏时期[1]。我国古代钢铁技术的基本体系在汉代就已形成，此期大体上是沿用、推广汉代的一些技术，很少再有重大创新。青铜在社会生产、社会生活中已退居到了辅助性地位。此期冶金技术上比较值得注意的事项是：灌钢技术已在我国南北方普遍推广开来，炒钢和百炼钢技术有了进一步提高，花纹钢技术发展到了较为繁盛的阶段；炼出了镍白铜和黄色的铜砷合金，生产出了一定数量的黄铜；在热处理技术中开始注意到了不同的水对淬火质量的影响，并发明了油淬；铸铁可锻化退火处理技术仍保持在较高水平上；在军事、农业、手工业中，锻件最后取代了铸件的主导地位。

一、钢铁冶炼技术

（一）炼铁技术

此期的炼铁、炼钢技术都有一定发展。炼铁技术上比较重要的事件是：水力鼓风的进一步推广，煤炭在西北地区也较多地用于冶炼，很可能发明了风扇送风。

由先秦到汉代的鼓风器都是一种叫做橐的皮囊，大约晋代之后，便发明了风扇送风。《文选》卷三五载晋张协（？～307 年）《七命》在谈到宝剑锻打工艺时说：“丰隆奋椎，飞廉扇炭”。又，葛洪（281？～341 年）《抱朴子·黄白》载：汉黄门郎程伟好黄白之术，“伟方扇炭烧甬，甬中有水银”。可见此两段文献都说到了“扇”，即用“扇”，而不是“吹”的方式来送风的。而以橐鼓风时，古人是用“吹”字来描述的。《神仙养生秘术》在谈到砷白铜工艺时，说得更为明白：“用坩埚一个，装云南铜四两，入炉，用风匣扇”。这里提到了“风匣”扇风，不再是“鼓橐吹埵”。此书约成书于后赵。这应是今见文献中，较早，且较明确地提到风匣、风扇的地方。



我国古代水力鼓风约发明于东汉初年，魏晋南北朝时期便较广泛地使用起来。《三国志》卷二四“韩暨传”载：南阳人韩暨任魏国监冶谒者时，曾大力推广过水力鼓风。“旧时冶作马排，每一熟石用马百匹，更作人排，又费功力。暨乃因长流为水排，计其利益，三倍于前。在职七年，器用充实”。《水经注》卷一六“谷水”条：白超垒，“垒侧旧有坞，故冶官所在，魏晋之日，引谷水为水冶，以经国用，遗迹尚存”。《太平御览》卷八三三引《武昌记》说：元嘉（424～453年）初年，武昌（今鄂州地方）新造了冶塘湖，兴建“水冶”，利用水排鼓风，后因“难为功力，因废水冶，以人鼓排”。清嘉庆《安阳县志》卷五引《水冶图经》说：“后魏时引水鼓炉，名水冶，仆射高隆之监造。”水力鼓风的使用不但节省了人力、畜力，而且可提高鼓风量。

关于我国古代冶铁用煤的年代，学术界一直十分关心。北魏郦道元（466？～527年）《水经注》卷二“河水”条说：“释氏《西域记》曰：屈茨北二百里有山，夜则火光，昼日但烟。人取此山石炭，冶此山铁，恒充三十六国用，故郭义恭《广志》云：龟兹能铸冶。”此“屈茨”、“龟兹”皆今新疆库车的古名；“夜则火光”两句，说煤炭因风化而自行燃烧，或因人为开采而加剧了自燃现象，这是我国古代关于煤炭自燃的最早记载。“人取此山石炭”以下数句，说明当时屈茨已用煤炭冶铁，且产铁量足供西域三十六国之用，这是我国古代煤炭炼铁的最早记载。但此冶铁炉究竟是竖炉还是坩埚炉，学术界却一直存在不同看法。因煤的热稳定性较差，用作高炉燃料时，会因爆裂而严重破坏料柱透气性，所以一般认为，释氏《西域记》所云，应指坩埚冶炼。20世纪50年代后，河北、河南、内蒙等地都发现过汉代冶炼坩埚；前云洛阳吉利工区汉墓所出土的坩埚上，有的便粘有煤块、钢块[2][3]。黄文弼在《塔里木盆地考古记》中说，1929年他到新疆库车拜城实地考察时，发现过大批古代冶铁坩埚，所以当时库车用煤作燃料，用坩埚炼铁是完全可能的。今人岑仲勉在《中外史地考证》一书中认为，《水经注》中的“释氏”即晋代之释道安[4]；而郭义恭亦西晋时人，说明早在晋代，西域地区也已大量用煤冶炼坩埚铁。

此期生铁品种有白口铁、麻口铁、灰口铁3种。渑池窖藏铁器所见白口铁制品有铁铧、铁镭等；麻口铁制品有铁斧、六角轴承等，灰口铁制品有箭头范、“新安”铭铧范以及铁镭等。我国古代生铁含硅量一般较低，有人分析过5件渑池生铁铸件，平均含硅量只有0.096%，作为灰口铁的“新安”铭铧范含硅量也只有0.21%[5]。硅是有利于石墨化的元素，现代灰口铁要求含硅量为1.0%～3.5%。我国古代能在低硅的情况下生产出灰口铁来，在世界铸铁史上是甚为鲜见的。

南朝的产铁量亦不算低。《梁书》卷一八“康绚传”载，梁代初年，为了军事上的需要，欲堰淮水以灌寿阳（寿县），但合堰甚难；“或谓江淮多有蛟，能乘风雨决毁崖岸，其性恶铁。因是东、西二冶铁器，大则釜鬵，小则锲锄，数千万斤，沉于堰所，犹不能合”。能调集数千万斤铁器去填塞河堰，足见当时产铁量不低。《南史》卷十“陈后主纪”记载了一个流星坠入铸铁厂的事件：祯明二年（588年），“五月甲午东冶铸铁，有物赤色，大如数升，自天坠镕所，有声隆隆如雷，铁飞出墙外烧人家”。这虽是极其偶然之事，但也从一个侧面说明了南朝铸铁业已

有一定规模。北方铁业也有一定发展，渑池窖藏铁器便是一例。又，《宋书》卷九五"索虏传"云：北魏太祖北伐，"取泗渎口，虏碻磝戍主"，获"铁三万斤，大小铁器九千余口，余器仗杂物称此"。说明碻磝（今山东茌平县境）冶铁规模不小。

（二）炼钢技术

此期使用的制钢工艺主要有灌钢法、炒钢法、百炼钢法、铸铁脱碳法等。块铁渗碳钢已经很少看到。坩埚钢唯汉代偶露尊容，之前之后皆未再现。今主要介绍前3种工艺，"铸铁脱碳钢工艺"实是铸铁可锻化退火处理，下面再作讨论。

1. 灌钢。我国古代灌钢技术约发明于东汉晚期[6]，魏晋南北朝后，南方北方都普遍地推广开来，有关记载亦明显增加。

晋张协（？ ~307年）《七命》云："楚之阳剑，欧冶所营；邪溪之铤，赤山之精；销逾羊头，镤越锻成。乃炼乃铄，万辟千灌；丰隆重奋椎，飞廉扇炭；神器化成，阳文阴缦。"此"销"，许慎注为生铁。"镤"或作锳，《广雅》注为铤，即"熟铁"料[7]。"乃炼乃铄"两句指灌钢工艺。这整段文字所述，则是制作灌钢并用它制作宝刀宝剑的基本操作过程。

《重修政和经史证类备用本草》卷四"铁精"条引梁陶弘景（456 ~536年）云："钢铁是杂錬生鍒作刀镰者。"此"生"即生铁；"鍒"即柔铁、可锻铁，一种含碳量稍高的炒炼产品；"杂炼生鍒"即灌钢工艺。可知在陶弘景生活的年代已广泛地利用灌钢来制造刀镰一类锋刃器。《北齐书》卷四九云：綦毋怀文以道术事高祖，"又造宿铁刀，其法烧生铁精以重柔铤，数宿则成刚。以柔铁为刀脊，浴以五牲之溺，淬以五牲之脂，斩甲过三十扎"。这里谈到了制作宿铁刀的三项主要工艺操作：一是冶炼灌钢，即"烧生铁精"两句；其中"数宿则成刚"意即数次灌炼就可得到性能刚强的产品。二是使用了刃部嵌钢的复合材料技术，即"以柔铁为刀脊"，以宿铁（即灌钢）为刀刃。三是使用了尿淬和油淬，即"浴以五牲之溺"两句。可知这"宿铁刀"实际上是以灌钢为刃，热处理技术掌握较好的宝刀。

在考古发掘中看到的灌钢较少，主要是其组织特征往往不是十分明显。有学者曾对32件北票喇嘛洞鲜卑族墓铁器进行过金相分析，包括兵器11件、工具7件、农具9件、杂器5件；分析者认为，其中铁矛7121号可能是灌钢制品，时代约为公元三世纪末四世纪中期[8]。可以进一步研究。

2. 炒钢。今人分析过的此期炒钢实物至少2批14件。一批是洛阳晋元康九年徐美人刀1件[9]。另一批便是北票喇嘛洞鲜卑族墓铁器13件，其中包括板材1件、木棺包角1件、镰1件、剑3把、刀2把、镞1件、铲1件、凿2件、镩1件。其中一把剑进行过边部渗碳，一把剑曾经冷锻[8]。可见炒钢使用量已经较大。1965年北燕冯素弗墓出土铁斧3件、扁铲2件，皆系锻制而成[10]。渑池窖藏铁器中的锻件有铁钎，残长达124.9厘米，直径3.5 ~8.1厘米。此外，还有11件铁砧，是锻铁用的砧子。这些锻件的原料，估计多是一种炒炼产品。嵇康好锻的故事，更为世人熟知，《三国志》卷二一裴松之注、《太平御览》卷三八九所引《文士传》等都曾谈及。又《南齐书》卷三〇"戴僧静传"云："锻箭鏃用铁多，不如铸作。东冶令张候伯以铸鏃钝不合用，事不行。"可见至少在南朝时，锻制鏃箭已取代了铸件的主导地位，其原料自然也应是炒钢的。我国古代的炒钢在汉代主要用来制



作刀、剑类大型兵刃，生产工具则多用可锻铸铁制成，箭镞则用青铜或可锻铸铁；此锻制铁斧、铁箭镞的大量使用，充分说明了炒钢技术的提高和“以锻代铸”过程的进展。

3. 百炼钢。其原料是含碳量稍高的炒钢，基本操作是千锤百炼[11]。它约发明于东汉时期，魏晋之后有了进一步发展，有关记载亦多了起来。三国时期，魏蜀吴皆制作过“百炼”型钢铁刀剑。《北堂书钞》卷一二三引曹操《内诫令》说：“往岁作百辟刀五枚，吾闻百炼利器，辟不祥，摄伏奸宄者也。”《古今注·舆服》云：吴大帝有宝刀三，“一曰百炼，二曰青犊，三曰漏影”。《太平御览》卷三四六引梁陶弘景《刀剑录》：“蜀主刘备令蒲元造刀五千口，皆连环，及刃口刻七十二湅。”同书卷六六五引梁陶弘景云：晋永嘉（307～313年）中，刘懂多奇，凡试刀之钝利，先以毛髮悬束芒于杖头，挥刀砍之，须芒断而髮连者方为良，且计芒断之多少而较刀之高下。“有一百湅刚刀，斫十二芒。”南朝时有一种“横法刚”也是“百炼”成的。又，夏赫连勃勃凤翔（413～417年）年间，亦制作过百炼钢刀，《晋书》卷一三〇云：赫连勃勃以叱干阿利领将作大匠，阿利性尤工巧，“造百湅刚刀，为龙雀大环，号曰大夏龙雀”。其背铭曰：“古之利器，吴楚湛卢；大夏龙雀，名冠神都；可以怀远，可以柔逋；如风靡草，威服九区。世甚珍之”。在一般诗文中，“百炼钢”说更为习见。刘琨（271～318年）《重赠卢谌》诗云：“何意百炼钢？化为绕指柔。”便是大家十分熟悉的诗句。

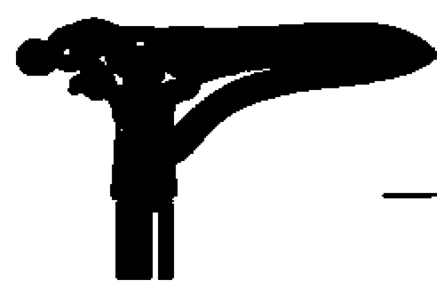
百炼钢的具体操作应有多种类型，从有关实物分析和文献记载来看，其中最为重要的一种应是多层积叠、反复折叠锻合法。前云建初二年五十湅长剑，其刃部组织计约50层左右，层与层之间含碳量不甚均匀，但层内比较均匀[12][13]；永初六年卅湅大刀其刃部组织亦为30层左右[9][14]。这显然由含碳量不太均匀的钢铁材料多层积叠，反复折叠所致。此或说明在汉代，此“炼数”与刀剑组织层数间存在一定关系。又，曹操的“百炼利器”又叫“百辟刀”。“辟”者，襞也，原指衣服上之褶裥；可见曹操的百炼利器也是多层积叠、多层折叠锻合而成。一般炒钢经反复锻打、千锤百炼后，便可进一步排除夹杂、均匀成分、致密组织；多层积叠时，还可起到刚柔相济的作用。这种方法后来传到了日本，对日本刀工艺产生过许多重要的影响。

（三）关于对“钢”字的称谓

先秦文献中未见“钢”字，而只有“刚”字。有学者认为，先秦及至汉代曾用“镂”等名来称呼钢。至迟西汉中期，人们便开始用“刚铁”一词来称呼钢了。与现代字形和含义相同的“钢”字大约是东汉晚期才开始出现的。

《逸周书》卷六“谥法解”载：“疆毅果敢曰刚。”《易经·杂卦》载：“乾刚坤柔。”先秦典籍用到“刚”字的地方较多，一般应是“刚强”之意，并无“钢”的意思。

说先秦及至汉代曾称钢为“镂”[15]的依据主要有二：一是《禹贡》梁州“厥贡璆铁银镂”中有一个“镂”字，西汉中期孔安国传云：“镂，刚铁”；二是东汉早期许慎（58～147年）《说文解字》亦云：“镂，刚铁也，可以刻镂”。看来此说是有一定道理的，但也有两个问题值得思考：（1）梁州“厥贡”有关文字的年代难



以肯定，若定之为夏，说夏代便有了称之为“镂”的钢，这是不能令人置信的。（2）除梁州“厥贡”孔安国传、许慎《说文解字》外，其他文献中很少看到谓钢为“镂”的。

有学者还认为战国时期钢称为“钜”[15]，主要依据是《荀子·议兵篇》有“宛钜铁钝，惨如蠭蠆”一语，杨倞“注”引徐广曰:“大刚曰钜”。但我认为依此便将“钜”释为钢是值得商榷的，其实徐广并未说“钜”即是钢，而只说了“钜”是“大刚”，大刚者，十分刚强也，在此，“钜”只是一个形容词，而不是名词，并无“钢”的意思。徐广在接下来的话中说得更为明白:“钝与鍦同，矛也……言宛地所出此刚铁为矛，惨如蠭蠆。”可见，徐广认为“钜铁”即是大刚之铁，而非“钜”便是大刚之铁。

在现有资料中，将钢称之为“刚铁”之事约始于西汉中期，即前引《禹贡》“梁州”条中的孔安国注。“刚铁”者，刚强之铁也。“刚铁”一名的使用，说明人们已初步认识到了钢与铁这两种铁碳合金间的联系和区别。孔安国系孔子后裔，以治《尚书》为汉武帝时博士。东汉中、晚期时，人们还曾将钢铁称之为“刚”。《考工记·车人》汉郑玄（127～200年）注:“首六寸，谓今刚关头斧，柯其柄也。”唐贾公彦疏:“汉时斧近刃皆以刚铁为之，又以柄关孔，即今亦然。”从郑玄“注”和贾公彦“疏”来看，“刚关头斧”之“刚”显然是“钢”的意思。

字形和含义与今相同的“鋼（钢）”字至迟出现于东汉晚期。陈琳（？～217年）《武军赋》云:“铠则东胡阙巩，百炼精钢。”[16]阙巩，《左传》定公四年（公元前506年）“注”说是甲名。东胡，古时活跃于今内蒙南部、河北北部、辽河流域的游牧民族，约与夏家店上层文化相当。这是今日所知较早提到“钢”字的地方之一。

在东汉晚期及其之稍后的文献中，“钢”字已不鲜见。在现存字书中，“鋼（钢）”字始见于《玉篇》；此书为南朝梁顾野王原著，后经唐人、宋人增字。钢的名称产生和演变的过程，恰好反映了我国古代炼钢技术发展的基本历程。

二、有色冶金技术

（一）冶铜技术

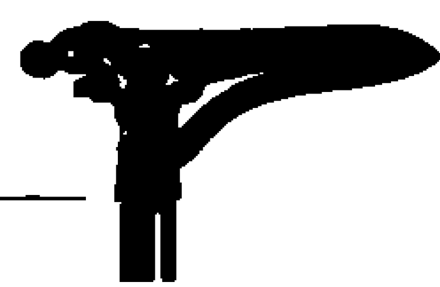
此期南方、北方的冶铜业都有一定的发展，其中又以南方为盛。南方较大的产铜地有三处：丹阳郡、武昌和南广郡。

《三国志》卷六四“诸葛恪传”说：恪“以丹阳地势险阻……山出铜铁，自铸甲兵”。这是丹阳郡产铜之证。

《太平寰于记》卷一一二“鄂州·武昌”条说:“白雉山在县西北二百三十五里……南出铜矿。自晋、宋、梁、陈以来，置炉烹炼。”此说武昌产铜。20世纪80年代，湖北鄂州还发现过孙吴东晋时期的采炼铜遗址。

《南齐书》卷三七“刘悛传”云：齐武帝永明八年，“悛启世祖曰：南广郡界蒙山下有城名蒙城，可二顷地，有烧炉四所，高一丈，广一丈五尺，从蒙城渡水南百许步，平地掘土深二尺得铜……甚可经略……上从之，遣使入蜀铸钱，得千余万。功费多乃止”。这里不但谈到了南广郡产铜事，而且谈到烧炉规模。

此外，南方冶铜处所还有一些，如广西北流汉至南朝冶铜遗址等，不再重复。



北方产铜地主要是河南、山东两地。《魏书》卷一一〇“食货志”载，尚书崔亮曾奏请开采了恒农郡（今河南陕县）的铜青谷、苇池谷、鸾帐山铜矿，河内郡（今河南泌阳）王屋山铜矿，每斗得铜 4～8 两不等，并恢复了南青州（今山东益都）苑烛山、齐州（今山东历城）商山两处铜矿。《魏书》卷四九“崔鉴传”载，孝文帝时，崔鉴“出为奋威将军、东徐州刺史……又于州内冶铜以为农具，兵民获利”。

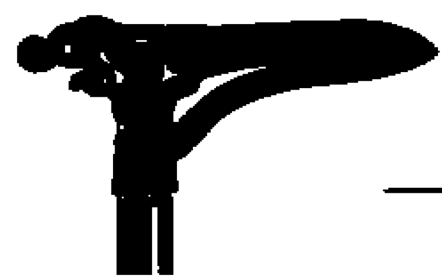
此期的铜约有四大去处，即佛事用、建筑用、铸造钱币及日用器。总的来看，此期铜生产量是不大的，《宋书》卷三载，为示节俭，宋武帝永初二年（421 年）还曾下令“禁丧事用铜钉”。

此期铜器中比较值得注意的是三国孙吴时代的铜镜，如神兽镜、画纹带佛兽镜、四叶八凤佛像镜、三角缘鸟兽镜等，其不但图纹清晰，而且铜的精炼较好，其中许多品种都曾引起国内外学者的注意。曹魏铜镜还传到了日本，在中日文化交流史上占有重要的地位。《三国志》卷三〇“倭人传”：景初二年（238 年）十二月，倭王俾弥呼遣使来朝，魏王赐“五尺刀二口，铜镜百枚”等物。关于这百枚铜镜的形制，日本学术界一直都是十分注意的，并进行过长时间的热烈讨论。

有关此期炼铜技术的文献较少。《抱朴子·内篇》卷一七“登涉”曾引《金简记》，简单地提到过炼铜工艺:“以五月丙午日日中，捣五石，下其铜。五石者，雄黄、丹砂、雌黄、矾石、曾青也（孙星衍按：当衍雌黄，脱慈石，前“金丹篇”不误），皆粉之以金华池浴之，内六一神炉中鼓下之，以桂木烧为之，铜成以刚炭炼之”。“欲知铜之牝牡，当令童男童女，俱以水灌铜……有凸起者，牡铜也；有凹陷者，牝铜也”。此虽是丹铅家所言，但基本原理当是一致的。前部分文字说炼铜工艺，后部分文字说取铜操作，类似的操作直到近代还在传统技术中使用。

这个时期的铜精炼技术也有了一定发展，主要表现之一是标以“炼数”的工艺明显地增加起来，其多见于铜镜铭文。在镜铭文中标以炼数的做法约始见于建安时期，传世有建安七年半圆方枚神兽镜一，铭作“建安七年九月廿六日作明竟，百湅青同”等，此后就迅速地增加起来，目前所见有黄初三年“五柬”神兽镜、黄武元年“百湅明竟”（半圆方枚神兽镜）、赤乌元年“百湅正铜”镜（半圆方枚神兽镜）、黄龙元年“师陈世造三湅明镜”（重列神兽镜）、西晋太康元年“百湅青铜镜”（神兽镜）、西晋元康元年“百湅正铜镜”（半圆方枚神兽镜）等。《汉三国六朝纪年镜图说》载有吴纪年镜约 60 枚，其中标有“百湅”的至少 23 枚，此外尚有“三湅”、“五湅”、“九湅”各 1 枚[17]。关于这类熔炼的具体操作，后面再作讨论。

在讨论这个时期冶铜技术时，还有一点需注意的是，人们对胆水中的金属置换作用又有了进一步的认识。晋代大炼丹家葛洪《抱朴子·内篇·黄白》说:“以曾青涂铁，铁赤色如铜……而皆外变内不变也。”此“曾青”也即石胆，天然硫酸铜。此“外变内不变”，说明葛洪已了解到，只是“铁”的表面为铜而已。南北朝时期，人们的认识又有了扩展。《重修政和经史证类备用本草》卷三“矾石”条引陶弘景云:“鸡屎矾，不入药，唯堪镀作，以合熟铜，投苦酒中，涂铁，皆作铜色。外虽铜色，内质不变。”此鸡屎矾大约是难溶于水，易溶于酸的碱式碳酸铜。苦酒



即醋。于是，这就把金属置换作用这一认识，从只溶于水的硫酸铜扩展到了其他可溶性铜盐中，从而超出了胆水的范围。唐宋之后，这一认识就被用到了生产实践中。

（二）镍白铜的出现

此期铜合金技术取得了三项比较重要的成就，即炼出了镍白铜，文献上有了配制砷铜的记载，生产了一定数量的黄铜。

东晋常璩《华阳国志》卷四“南中志”云：“堂螂县因山而得名，出银、铅、白铜；杂药有堂螂、附子。”堂螂县在今云南会泽县境，与巧家县接界，接近东川铜矿和四川会理铜镍矿。从清代以后的大量资料看，此“白铜”系镍白铜是无疑的，这是我国，也是全世界关于镍白铜的最早记载。有人分析过会理力马河铜矿的成分，含镍 1.12%、铜 3.36%、铁 22.6%[18]；王琎还分析过一件传世的白铜墨盒，成分为：铜 62.5%、锌 22.1%、镍 6.14%、铁 0.64%、锡 0.28%，未显示铅[19]。早期镍白铜应是由铜镍共生矿炼制的，之后才发展到了有意配制的阶段。此东晋镍白铜自然是利用共生矿冶炼的，但前后两种工艺的演变过程如何，则有待进一步研究。

在此有一点值得注意的是，古代“白铜”的含义，在不同地方未必是一样的，它可能指镍白铜，也可能指砷白铜，还可能指高锡青铜，以及镀了锡的青铜等其他铜合金，需依具体情况，认真分析。如传世汉光和元年神兽镜铭说：“光和元年五月作尚方明竟，幽湅白同。”此“白铜”显然是指高锡青铜言。《玉篇》云：“鋈，白金也。”此白金一般认为是镀了锡的金属。

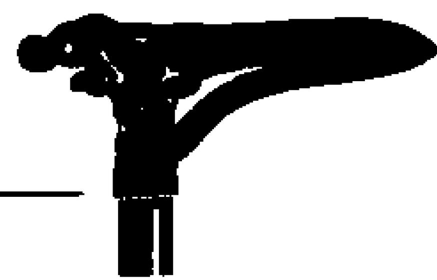
（三）铜砷合金技术的发展

前面谈到，早在四坝文化时期，我国便冶炼和使用了 Cu - As 二元和 Cu - As - Sn 三元合金[20]。此后的多个历史时期都发现过类似的实物。日本学者山内淑人等分析过的一件传为郑州出土的商代晚期铜戈，合金成分为：铜 83.05%、铅 10.11%、砷 4.72%、铁 1.07%[21]；李延祥等分析过一些昭乌达盟林西春秋矿冶遗址出土的金属颗粒，其平均锡、砷量分别为 20% 和 4.5%[22]。有学者还分析过一件丹阳司徒乡出土的春秋铜簋，成分为：铜 44.25%、铅 33.34%、砷 8.93%、硫 7.17%、铁 4.23%、锡 1.31%，属砷铅青铜[23]。一般认为，这些含砷铜合金很可能都是利用共生矿冶炼得到的。人工配制技术可能始于西汉[24]，但较明确的记载是东晋初年才出现的。

晋葛洪（281 ~ 341 年）①《抱朴子·黄白篇》曾详细地谈到了一种制造假“黄金”的方法：（1）先取武都雄黄，捣之如粉，以牛胆汁和之，后把戎盐、石胆末、雄黄末、炭末置于赤土釜中，并加热。戎盐系熔剂，雄黄和石胆被还原而生成铜砷合金。（2）使此铜砷合金与丹砂水（硫化汞在醋和硝石的混合液中溶解而成）作用。捣碎，加入生丹砂和汞，加热冶炼，“立凝成黄金矣”。此第二步或与精炼

---

① 葛洪的生卒年有一些不同说法，如《辞源》说为“281？ ~ 341 年”、《辞海》说为“284 ~ 364 年”，另外还有人说是“283 ~ 343 年”。据《晋书》卷七二“葛洪列传”，葛洪去世时，“年八十一，视其颜色如生，体亦柔软”，其尸“甚轻，如空衣”。但也有人对《晋书》的记载存有疑虑，因一般丹铅家，吃仙丹以求长生不老的人，由于污染和食物中毒，都是短命的、葛洪如何能够例外，活到 81 岁？今暂用《辞源》说。



有关。《抱朴子》一书成于317年，这是东晋开国之年。这是我国古代关于生产黄色铜砷合金的最早记载[25]。稍后的梁陶弘景《名医别录》云：雄黄"得铜可作金"，说的应是同一意思。早期铜砷合金大约主要是以三黄，即雄黄、雌黄、砒黄点化的，因技术上难度较大，所得合金含砷量常在10%以下，合金颜色为黄；后来有了改进，才得到了含砷量较高，颜色发白的铜砷合金。

人工点化白色铜砷合金的记载始见于至迟成书于后赵（319~351年）的《神仙养生秘术》，说"其四点白，硇砂四两、胆矾四两、雄黄四两、雌黄四两、硝石四两、枯矾四两、山泽四两、青盐四两，各自制度"[26]。此"点白"即点化白色铜砷合金。雄黄、雌黄分别为 As_2S_2、As_2S_3，该书还谈到了一系列点化操作[24]。可见直到东晋为止，我国对炼制黄色铜砷合金（含砷<10%）和白色铜砷合金（含砷>10%）的技术才有了初步了解。但新疆一带人工配制铜砷合金的工艺可能较中原稍早，梅建军分析过一些新疆奴拉赛古矿冶遗址的遗物，发现了不少含砷较高的冶炼产品，年代与春秋晚期相当[27]。

（四）黄铜在民间的应用

黄铜，自东汉末年至宋，我国民间习又谓之鍮石、鍮石，作为铜锌合金的"黄铜"一词，大体上是元代之后才出现的。我国古代对铜锌合金（即黄铜）的冶炼和使用约可上推到仰韶、龙山文化时期[28][29]，但当时的锌很可能是以共生矿形式带入的。从商、西周，到西汉，文献记载和考古实物中看到的铜锌合金都较少。汉末至魏晋时期，有关记载才逐渐多了起来。大约南朝梁时，民间也使用起黄铜来。

从现有资料看，我国古代关于黄铜，即鍮石的记载至迟始于东汉三国间。

三国吴支谦所译《佛说阿难四事经》云："世人愚惑，心存颠倒，自欺自误，犹以金价买鍮铜也。"[30]这里提到了"鍮铜"[31]，即是鍮石、黄铜。支谦，字恭明，三国吴时杰出的译经家，生卒年不详，主要活动于公元3世纪前期。这应是我国古代关于鍮铜的较早记载之一。

《太平御览》卷八一三引钟会《刍荛论》云："夫莠生似禾，鍮石像金。"钟会（225~264年），三国魏颍川人，官至司徒。此像金之"鍮石"自然应是黄铜。

这两段记载都比较可靠，东汉三国间鍮铜已在我国流传应可肯定。

又，《西京杂记》卷二载："（武帝）後得贰师天马，帝以玟珂石为鞍，镂以金银鍮石。"① 此书旧题作晋葛洪撰；今据《四库提要》考证，应系汉刘歆（？~23年）编撰。依此，武帝时期便有了"鍮石"一词，那么，"鍮石"、"鍮铜"其物、之名便有可能与张骞通西域有关。

大约两晋时期，关于鍮石、鍮铜的记载便逐渐多了起来。《太平御览》卷八一三又引晋郭义恭《广志》云："鍮石似金，亦有与金相杂者，淘之则分。"同书同卷又引晋王嘉《拾遗记》云："石虎为四时室浴，台皆用鍮石、珷玞为陡岸。"此"珷玞"即玉石。晋陆士衡（机）《演連珠》："悬景东秀，则夜光与珷玞匿耀。""鍮石"、"珷玞"皆是奢华之物，而"鍮石"又置于"珷玞"之前，当系黄铜。

① 若把"（武帝）後"简化成"（武帝）后"，主语就变了，故不得不使用繁体字。

大约南朝时期，鍮石使用量有了明显的增加，而且还有了民间使用鍮石的明确记载。梁（502～557年）宗懔《荆楚岁时记》云："七月七日为牵牛织女聚会之夜……是夕，人家妇女结采缕，穿七孔针，或以金、银、鍮石为针，陈几筵酒脯瓜果于庭中，以乞巧。"此"鍮石"与金、银并提，且可作针，当是铜锌合金。鍮石成了民间的节日用品，说明已非稀罕之物。

但这些黄铜到底是我国本土冶炼，还是外域传入？自20世纪20年代起，人们就进行过许多研究，今一般认为，它很可能是与西亚、南亚有关的。理由主要有四：

1. "鍮石"一词似非我国固有词汇。早在20世纪20年代，一位名为洛弗尔（B. Laufel）的外国学者就提出了我国古代之"鍮石"，与波斯人和阿拉伯人所谓"偷梯雅（tutiya）"正好相符的观点；当时章鸿钊亦引用过这一说法[32][33]。1933年，陈文熙认为阿拉伯语中的Tutty即是黄铜，是即我国的鍮石，并认为黄铜之制当在汉初。同年，章鸿钊认为"鍮石"一词很可能与印度语Tamra有关[34]。

2. 西亚、南亚一些地方的黄铜技术皆较我国为早。在公元前后，罗马人便用锌黄铜制造货币。有人分析过3枚罗马货币，成分为：铜81.3%、锌15.9%（公元前79年）；铜71.1%、锌27.6%（公元前45年）；铜88.96%、锌7.89%、锡2.43%、铅0.18%（161～162年）[35]。《魏书》、《周书》都说到过波斯产鍮石。唐宋及至稍后，关于波斯产鍮石之说依然不断。

3. 秦汉之后，我国所见较早的两批黄铜实物都出土于西北地区，都可能与中外文化交流有关。如1995年新疆罗布泊西侧营盘墓地出土的3件黄铜实物，含锌量皆大于20%，杂质很少，年代与汉晋相当，有学者认为它很可能是西方传入的[36]。

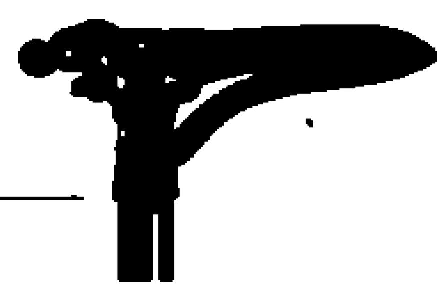
4. 西北地区新发现的贸易文书中，包含了不少中外黄铜贸易的资料。如哈拉和卓90号墓所出文书残页载："归，买鍮石……毯百八十张。"此墓属公元5世纪[37]。阿斯塔那305号墓所出物单上记有："鍮铤钗一双"等字，墓中伴出物有"建元廿年（384年）"具结[38]；514号墓所出文书载有："翟萨畔买香五百七十二斤，鍮石叁拾。"[37]唐代敦煌文书中，关于鍮石贸易的文书更为习见[39]。

看来，汉魏晋所用黄铜由波斯等地传入，或受到过外来技术的影响，还是可能的，古代社会并不像今人想象那样封闭。但这影响的具体内容、形式和路径如何，从西域传来的到底是黄铜实物还是冶炼工艺？还是二者俱来？仍需进一步研究。

在此有两点需顺带指出的是：（1）今世有学者认为我国古代文献中的"鍮石"，有时指的是黄铁矿、黄铜矿。这种观点大约是1963年岳慎礼提出[40]，并为许多学者采用，其实这并无可靠的依据。关于古代"鍮石"的性属和定义，宋程大昌已说得十分清楚，"鍮石"的本质是铜，并无石的含义。这一点，本书宋代部分还要谈到。（2）在元代以前，古籍中的"黄铜"一词含义较为丰富，可能指赤铜，也可能指颜色发黄的青铜，直到宋代依然如此。

（五）青铜合金技术的发展

此期的青铜合金技术中，较值得注意的主要是铜镜。我分析过16件湖北鄂州、



安徽、山西、北京等地所出的东汉中晚期至六朝的镜[17]，合金成分为：铜68.59%～75.127%，平均71.11%；锡20.14%～28.2%，平均23.492%；铅1.794%～7.0%，平均5.025%。可知其与战国至东汉前期镜基本一致，其合金技术依然保持在较高水平上。

此外还值得注意的一点是，此时人们对铸镜合镜的配制又有了进一步认识。梁陶弘景云："古无纯铜作镜，皆用锡杂之。"[41]即是说铜镜是以锡作为主要合金元素的，这是在《考工记》"六齐"之后，再一次强调了锡在镜用铜合金中的主导地位。

（六）单质砷的出现

大约与黄色的砷铜合金不相先后，我国还炼出了半金属砷。葛洪《抱朴子·仙药篇》在谈到雄黄的服法时说："饵服之法：或以蒸煮之，或以酒饵，或先以硝石化为水，乃凝之；或以元胴肠裹蒸之于赤土下，或以松脂和之，或以三物炼之，引之如布，白如冰。服之皆令人长生，百病除。"此说为了服食雄黄，须预先对它进行一番处理，葛洪在此谈到了6种处理法，其中最值得注意的是第6种，即"以三物炼之"。三物，即硝石、元胴肠、松脂。硝石，此当硝酸钾。元胴肠，孙星衍注云："《大观本草》引元胴肠作猪胴二字"，也即猪大肠，猪脂。有关学者还用这些方法进行了多次模拟试验，分别得到了单质砷和氧化砷。看来，葛洪确实是制取了单质砷和氧化砷的[25][42]。这是我国制取单质砷的最早记载。

对我国早期炼砷技术的研究是在1962年，由美国著名科学史家席文（N. Sivin）最先进行的，他对唐代医学家孙思邈《太清丹经要诀》"造赤雪流朱丹法"进行模拟试验后，便提出了中国最早制取了单质砷的结论[43]。1982年之后，我国学者王奎克、赵匡华等对此作了进一步的论证。此前，西方化学家一般认为砷是公元13世纪时，由德国罗马教修道会学者制取的，但其未对砷的性态作出更多的描述。直到16世纪，瑞士医学家才再次制作了单质砷，并说其色白如银。

（七）关于炼汞技术

此时炼汞技术上比较值得注意的是如下两个方面：（1）文献上开始有了关于自然汞的记载。《重修政和经史证类备作本草》卷四"水银"条引南朝梁陶弘景云："今水银有生、熟。此云'生'，符（涪）陵平土者，是出朱砂腹中，亦别出沙地，皆青白色最胜；出于丹沙者，是今烧粗末朱砂所得，色小（稍）白浊，不及'生'者甚。"可知此"生"水银系指自然汞，"熟"水银系指丹砂烧出者。"出朱砂腹中"、"别出砂地"，都是一种产状。（2）关于人工炼汞的记载有了增加。如晋张华《博物志》卷四云："烧丹朱成水银。"晋葛洪《抱朴子·金丹篇》："丹砂烧之成水银。"也都谈到了汞的冶炼。可惜的是所述甚为简单，很可能仍属低温焙烧范围。

三、铸造技术

此期南方北方的铸造技术都有了一定发展。《魏书》卷一一〇"食货志"云："铸铁为农器兵刃，所在有之。"这大体上反映了当时实情。从渑池铁器窖的出土情况看，截至北魏为止，不仅是农具，而且许多手工业工具，以及箭镞等兵刃器，都曾用浇铸法成型，这一方面说明了铸造技术之发展，另一方面也说明，"以锻代

铸”经历了何等漫长的过程。汉代铸造工艺的一些基本操作此期都在沿用，在此比较值得注意的应是铁范铸造和层叠铸造两种。

铁范铸造约发明于战国时期，魏晋南北朝仍使用得十分普遍，渑池汉魏铁器窖出土过不同种类和形式的铁范计152件，其中有铁板范64件、双柄犁范3件、犁铧范32件、锸范5件、斧范12件、镞范18件，此外还有镰范、锤范、碗形器范、锄形器范等[1]。其中斧范2式，箭镞范计5式，铁范铸造的基本操作应与汉代无异。

层叠铸造约发明于东周时期，汉魏南北朝时亦有不少使用，主要用来铸造钱币和部分小型器物。1975年，江苏句容县葛村出土过东吴“大泉五百”、“大泉当千”钱及其叠铸清理下来的浇口杯和直浇道。直浇道呈截头圆锥形，上粗下细，残长约14厘米。钱币型腔呈“十”字形分布，每层可铸4枚，计约20余层，一次可铸百余枚[44]。1935年，南京通济门外出土过梁武帝时的铸钱泥范，因钱文比较呆板，故有人认为它可能是用木戳印成；而其各段范片上的钱形排列各不相同，故人们又推测，其所用木模是较多的[45]。

魏晋南北朝的铸件，除一般生产工具、兵器、日用器外，还有一些大型佛像、人像、铜钱、铁钱、大铁镬等也很值得注意。此时佛教已广为流传，铸制佛像之风甚盛。《魏书》卷一一四“释老志”云:“兴光元年（454年）敕有司于五缎大寺内为太祖已下五帝铸释迦立像五，各长一丈六尺，都用赤金二万五千斤”。天安二年（467年），“又于天宫寺造释迦立像，高四十三尺，用赤金十万斤，黄金六百斤”。据稗史称，京口北固山甘露寺有二大铁镬，系梁天监（502~519年）中所铸，上有铭文可辨，云其为五十石镬。另外，《魏书》卷七四还谈到过不少铸制的人像，所有这些铸件，自然均需一定的设备、人力和技术水平。

四、锻造技术

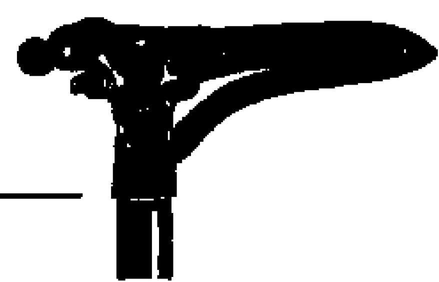
魏晋南北朝的金属锻造技术取得了不小进展，除前述百炼钢外，花纹钢、铁锁链、金箔等的加工都很值得注意，尤其是花纹钢，表现了高超的技艺。

（一）花纹钢

花纹钢是一种带有花纹的钢铁材料，一经抛光，有时再腐蚀一下，花纹即现。我国古代花纹钢都是平面花纹，看得见，摸不着，可摄影，不可拓摩。

我国花纹钢发明较早[46]。东汉末年和魏晋南北朝时，有关记载便十分明确起来。曹丕《剑铭》云：建安二十四年，丕命国工精炼宝刀宝剑九枚，皆因姿定名。宝剑“色似彩虹”者，名曰“流采”；宝刀“文似灵龟”者，名叫“灵宝”，“采似丹霞”的就叫“含章”；露陌刀“状如龙文”，谓之“龙鳞”；皆系“至于百辟，其始成也”。故其刀又叫“百辟宝刀”，匕首又叫“百辟匕首”。此外，曹毗《魏都赋》、傅玄《正都赋》、裴景声《文身刀铭》、《文身剑铭》、张协《七命》、《文身刀铭》等，都赞美过花纹钢刀剑。傅玄《正都赋》云:“苗山之铤，铸以为剑，百辟文身，质美铭鉴。”裴景声《文身刀铭》云:“良金百炼，名工展巧，宝刀既成，究理尽妙；文繁波回，流光电照。”这些文字都清新俊秀，脍炙人口。

从文献记载看，汉魏南北朝的花纹钢工艺主要有二：一是“百辟百炼”，即把含碳量不同的铁碳合金多层积叠，反复折叠锻打；曹丕《剑铭》、傅玄《正都赋》所云皆属此类。二是“万辟千灌”，其基本操作与灌钢工艺是相类似的，如张协



《七命》所云。从模拟试验的情况看，花纹钢原是组织和成分不均匀的钢铁集合体，抛光了或再稍加腐蚀，在自然光作用下，高碳部分颜色较亮，低碳部分颜色较暗，明暗相间，黑白相映，是即所谓的花纹。花纹钢制作是十分艰难、复杂的；加热温度不宜过高，否则会因组织和成分均匀化而使花纹消失；因其需反复锻打、千锤百炼，如若温度稍有不均，或锤锻稍有不慎，焊合不好，便会前功尽弃。直到20世纪30年代，与“百辟百炼”相类似的工艺仍在北平沿用[46][47]。

此时，一种外国花纹钢，即镔铁——大马士革钢此时也传入了我国。《魏书》卷一〇二“西域列传”说：波斯国都宿利城，出金、银、鍮石、“金刚、火齐、镔铁”；《周书》卷五〇“异域列传”也曾谈到波斯产镔铁，这是我国古代文献中关于镔铁的较早记载。镔铁有多种不同的工艺，其中一种与我国花纹钢百辟工艺相似[48]，唐慧琳《一切经音义》卷三五曾有记载。

（二）大型铁锁链的出现

从现有资料看，在我国古代军事和交通上产生过重要影响的大型锁链至迟出现于西晋时期。《晋书》卷四二“王濬传”云：太康元年，濬等伐吴，克丹阳，“吴人于江险碛要害之处並以铁鏁横截之，又作铁锥长丈余，暗置江中以逆距船”。此“铁鏁”即铁锁链。《南史》卷二五“垣护之传”云：垣护之：随玄谟入河，玄谟攻滑台，“玄谟败退，魏军悉牵玄谟水军大艚，连以铁鏁三重断河，以绝护之还路”。《南史》卷六七“肖摩诃传”云：周武帝遣其将宇文忻争吕梁。摩诃深入周军，纵横奋击。及周遣王轨来赴，“结长围，连于吕梁下流，断大军还路。”《梁书》卷五五“武陵王纪传”载，公元551年，割据巴蜀地区的梁武陵王肖纪率军沿江东下，直出三峡，“世祖命护军将军陆法和于峡口夹岸筑二垒，镇江以断之”。但只锁江一月，结果肖纪“筑连城，攻绝铁鏁”。此外《北史》卷六二“王轨传”等也谈到过铁锁链在军事上的应用。这些铁锁链的锻制，当非易事。

（三）锣钹

锣、钹都是打击乐器。明《正字通》云：锣，“筑铜为之，形如盘，大者声扬，小者声杀”。《旧唐书》卷二九“音乐志”：“铜钹亦谓之铜盘，出西戎及南蛮，其圆数寸，隐起若浮沤，贯以韦皮，相击以和乐也。”锣始见于汉，钹约始见于东晋十六国时期。《隋书》卷一五“音乐志下·西凉”云：“西凉者，起苻氏之末，吕光、沮渠蒙逊等据有凉州，变龟兹之声为之，号为秦汉伎，魏太武既平河西得之，谓之西凉乐。至魏、周之际，遂谓之国伎……其乐器有钟……腰鼓、齐鼓、担鼓、铜钹等十九种。”吕光建后凉系公元386年，沮渠蒙逊于公元401~433年在位。所以凉州之用钹当在公元4世纪末，龟兹之用钹当更在此之前。《北齐书·神武纪》云：“初，孝明（516~528年）之时，洛下以两钹相击，谣言曰：铜钹打铁钹，元家世将末”。可见在6世纪初，中原一带应用亦广。宋《乐书》谓钹为南齐穆士素所造，恐非。此锣钹是铸是锻尚未知晓，因后世皆为锻制，今暂置“锻造技术”下。前面谈到，南阳汉代铜舟YN1便是使用淬火与锻打相结合的方式制成的，可知锻造锣钹的一些基本技术在汉代便已掌握。

五、热处理技术

在此期热处理技术中，比较值得注意的是铸铁可锻化退火和钢的淬火，前者

虽基本上沿用了汉代的操作，但技术上更为成熟；后者则取得了两项较为重要的成就，即认识了不同的水对淬火质量的影响，并发明了油淬[49]。

（一）铸铁可锻化退火

此技术在东汉之后就发展到了较为成熟的阶段，此期仍保持在较高水平上，这在渑池铁器中表现得最为清楚[5][50]。

一是可锻化退火处理器件的中心一般不再残留有白口铁组织。人们分析过的12件渑池可锻化处理件皆无白口残余。人们分析过的北票喇嘛洞鲜卑族墓铁器中，有13件进行过可锻化退火处理，其中11件为脱碳退火件（2件石墨化退火），只有一件为夹生可锻铸铁，其余10件皆为铸铁脱碳钢[8]。

二是脱碳退火和石墨化退火在使用上的分工表现得较为明显，前一操作主要用于斧、镰一类对锋利性能要求较高的器件，后一操作则主要用在铲、锄、镢、铧等对锋利性要求不高的农具上。在渑池12件可锻化处理铁器中，10件为脱碳退火，其中6件是斧，2件是镰，作石墨化退火的2件器物分别是铲和铧。

三是作可锻化退火处理的器件仍有球状石墨析出，如渑池铁斧（257号）等。

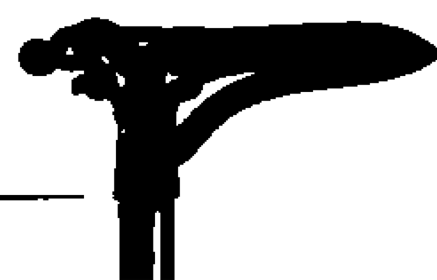
四是部分器件脱碳退火成了熟铁和钢后，又在刃部进行了局部渗碳，有的还进行了局部锻打。如渑池镰（528号）刃部边缘珠光体占70%，中心的珠光体只占30%左右；Ⅰ式斧（471号）边部表层含碳量为0.7%～0.8%，稍里为0.5%～0.6%，中心含碳量只有0.3%～0.4%；这显然是渗碳所致的（图版拾，5）；而Ⅱ式斧（257号）刃部在作了局部渗碳后还进行了锻打加工。这说明人们对于脱碳、渗碳已有了相当的认识，操作上亦表现了较高的技艺[5][50]。河南唐河县出土一把六朝环首铁刀，系由铸铁脱碳退火处理产品锻打而成，组织不甚均匀，夹杂很少，有明显的铸造缩孔[51]。

（二）淬火剂选择技术上的进步

主要表现在两个方面：

一是认识到了不同的水对淬火质量的影响。《蒲元传》载：蒲元于斜谷为诸葛亮制刀三千口，但认为汉水钝弱，不能淬火，不如蜀水爽烈，于是派人前往成都取水。有一人从成都取水后率先回到了斜谷，蒲元“以淬，乃言：‘杂涪水，不可用。’取水者犹悍言不杂。君以刀画水，云：‘杂八升，何故言不？’取水者方叩头首伏云：‘实于涪津渡负倒覆水，惧怖，遂以涪水八升益之。’于是咸共惊服，称为神妙。刀成，以竹筒密内铁珠，满其中，举刀断之，应手虚落，若薙生蒭，故称绝当世，因曰神刀。”[52]这段记载或有些夸张，但与现代技术原理是基本相符的。因不同地区的水所含矿物质的多寡、种类都不一样，其导热性能和淬透性便不一样，对淬火质量就会造成不同的影响。这是我国古代关于选择淬火剂的最早记载。明代李时珍《本草纲目》卷五“水部·流水”条也有类似说法：“观浊水流水之鱼，与清水止水之鱼，性色迥别，淬剑染帛，各色不同，煮粥烹茶，味变有异。”说的都是同一道理。

二是发明了油淬和尿淬。人们使用得最多且最早的淬火剂是水。水淬的优点是在高温区（550℃～650℃）冷却较快，缺点是低温区（200℃～300℃）也冷却较快，易造成较大的组织应力，于是人们又发明了油淬。我国古代有关油淬的记



载始见于前引《北齐书》所云綦毋怀文造宿铁刀事，其中“浴以五牲之溺”意即以动物之尿为淬火剂，尿实际上是含有多种矿物质的水溶液；“淬以五牲之脂”意即以动物之油作淬火剂，是即油淬。油淬的优点是在低温区冷却较慢，从而可减少组织应力，缺点是在高温区也冷却较慢。今人常在高温区使用水淬，低温区使用油淬，这样既避免了珠光体类型的转变，保证了工件能获得较高的硬度，又避免了因组织应力而产生裂纹。文献上说綦毋怀文既使用了尿淬，又使用了油淬，这是否属于分级淬火，可以进一步研究。

六、表面加工技术

魏晋南北朝时，因铜器使用量减少，除了铜镜外，外镀铅锡的操作已经很少使用，此时比较值得注意的表面加工有镀金和金银错等项。

在考古发掘中，三国、两晋、南北朝都有镀金器物出土。1971～1977 年，湖北鄂州先后出土了 3 件孙吴时期的镀金画纹带神兽镜[53]；1953 年江苏宜兴晋墓出土有镀金花瓣铜饰 5 件[54]；1973 年山西寿阳县贾各庄一座北齐早期墓出土镀金器 60 多件，其体形小巧，为南北朝所鲜见[55]。关于镀金操作，《抱朴子神仙金汋经》有一段文字说得甚为明白，云:“上黄金十二两，水银十二两。取金，鑢作屑，投水银中令和合（恐鑢屑难煅铁质，煅金成薄如绢，铰刀翦之，令如韮菜许，以投水银中。此是世间以涂杖法，金得水银，须臾皆化为泥。其金白，不复黄也，可瓦器为之）”[56]。有人认为，此书的著作年代是晋、宋之间[57]。梁陶宏景也说得十分明白:《本草纲目》卷九“金石·水银”集解引梁陶弘景云：水银“能消化金银使成泥，人以镀物是也”[58]。可见古人对镀金工艺已有了相当的认识。

为满足统治阶级的特殊需要，此期的金银错工艺也有一定的发展。《魏书》卷一一〇“食货志”云:“和平二年（461 年）秋，诏中尚方作黄金合盘十二具，径二尺二寸，镂以白银，钿以玫瑰。其铭曰：‘九州致贡，殊域来宾，乃作兹器，错用具珍。锻以紫金，镂以白银，范围拟载，吐耀含真。纤文丽质，若化若神。皇王御之，百福惟新’。”由描述情况看，其技术水平是不低的。《邺中记》中也谈到了不少镶金银的斗帐、香炉、屏风等。今见于考古发掘的有：1966 年陕西省博物馆收集到的前凉升平十三年（369 年）金错泥篇（铜质竹筒状器）[59]；故宫博物院珍藏的一件六朝蟠龙镇，通体错金银；1965 年辽宁冯素弗墓出土的错金柿蒂纹大铁镜[10]；前云鄂州镀金画纹带神兽镜，钮部错金。但数量不是太多。

第三节　南方青瓷的发展和北方瓷器的出现

魏晋南北朝时期是我国古代陶瓷技术发展的一个重要阶段，南方因社会比较稳定，东汉晚期发明的青瓷、黑瓷都得到了进一步发展。长江下游的江、浙地区，长江中上游的赣、湘、鄂、蜀地区，以及东南沿海的闽、粤、桂一带，都烧出了独具特色的瓷器，并在胎料和釉料的选择、配制，以及成型、施釉、筑窑、烧造技术上，都取得了长足的进步。北方则因战事连年，陶瓷技术长期停滞不前，至北魏才在南方的影响下烧出了青瓷和黑瓷，之后又烧出了白瓷。白瓷的出现，是我国古代劳动人民的又一重要贡献。

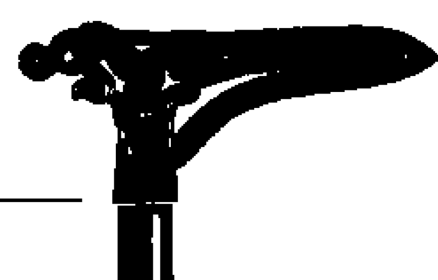
浙江是我国瓷器的重要发源地和主要产地之一。由于制瓷技术的迅速发展，此期已逐步形成了越窑、瓯窑、婺州窑、德清窑四大窑系。其中又以前者发展最快、窑场分布最广、瓷器质量最好，江苏的均山窑亦开始形成。

越窑主要分布于古越人居住的上虞、余姚、绍兴等地。始烧于东汉，是我国最先形成产品风格一致的窑系。此期越窑窑址除上虞、绍兴、余姚外，在鄞县、萧山、金华、永嘉、余杭、德清、吴兴、临海、宁波、丽水、奉化等地都有发现[1]。据20世纪90年代初的统计，仅上虞一县，已发现的三国西晋越窑有140多处；东晋南朝时期，由于江西、湖南、四川等地瓷业的发展，上虞越窑才见减少，但其技术上却取得了多项成就[2][3]。越窑瓷器的特点是胎质致密坚硬、釉层光滑，在口、肩、腹部装饰有各种花纹。在三国末年到西晋，其制瓷技术精巧，品种亦较丰富，其中许多产品都堆雕刻画，器形复杂，如上塑亭台楼阙、佛像、各色人物和禽兽的谷仓，肩部堆塑神鹰的鹰形壶等。东晋后期，越窑青瓷出现了普及的趋势，造型趋于简朴，各种装饰减少[3]。文献上关于越窑的记载是到了唐代才看到的，唐陆龟蒙（？ ~881年）《秘色越器》诗等，都对越窑瓷器作了热烈的赞扬。

长江中上游的江西、湖南、湖北、四川也是我国早期青瓷的重要产地。江西汉代就烧出了青瓷，三国西晋便达到了较为成熟的阶段[4]；今发掘的丰城罗湖南朝窑址，是著名唐洪州窑的前身[5]。湖南青瓷亦创始于东汉时期[6]，魏晋之后有了进一步发展。1973年发现的湘阴青瓷窑，是著名唐岳州窑的前身，其约创始于魏晋[7]。湖北青瓷约始烧于晋。广东亦出土过不少两晋南朝青瓷器，近年在深圳市沙田猪肉地和岗头山还发现了4座馒头窑[8]。广西青瓷约始烧于南朝时期，值得注意的是目前在桂北、桂东、桂东南出土的东晋至南朝青瓷中，虽相当部分为外地传入的，但也有部分为本地烧造[9]。福建青瓷亦始烧于东晋南朝时期，目前在泉州、福州等地都发现了一些南朝窑址[10]，但福建两晋和南朝前期墓葬仍然是以越窑产品为主的。

一般认为，“瓷”字约出现于西晋时期。《全上古三国两晋文》“全晋文”卷九一载晋潘岳（247 ~300年）《笛赋》云:“披黄花以授甘，倾缥瓷以酌醽。”其中的“瓷”即是瓷器。缥，《说文解字》说是“帛白青色”，《释名》卷四“释采帛”说是“浅青色也”。《艺文类聚》卷八二载晋夏侯湛《浮萍赋》:“散圆叶以舒形兮，发翠绿以发缥。”此缥亦指浅青色。晋人吕忱的《字林》中亦出现过“瓷”字，只可惜原书早已亡佚，今人只见辑本。值得庆幸的是，《玉篇》“瓦”部有一个“瓷”字，注云:“瓷器也，亦作瓷。”“缶部”有一个“瓷”字，注云:“亦作瓷。”此书为梁顾野王原著，后经唐孙强、宋陈彭年等增补，但此“瓷”和“瓷”为顾野王选入是无疑的，这些皆是我国古代关于“瓷”字的较早记载。依此，今世学者皆释“缥瓷”为青白釉，或者青黄釉的瓷器。

我国瓷器之纪年款始见于东汉时期，如前所云，目前所见有“汉安二年”（143年）、“熹平年”（172 ~178年）等。三国时期，便有了增加的倾向，目前所知仅越窑便有：（1）赤乌十四年（251年）越窑青瓷虎子，腹部刻有“赤乌十四年会稽上虞师袁宜作”13字，南京赵士岗4号墓出土，今藏中国国家博物馆。（2）永安三年（260年）越窑青瓷谷仓，其龟碑正面刻有“永安三年时，富且详



（祥），宜公卿，多子孙，寿命长，千意（億）万岁未见英（央）”铭款，绍兴古墓出土，今藏故宫博物院。（3）甘露元年（265年）越窑青瓷熊形灯，承盘底部刻有“甘露元年五月造”，出于南京清凉山吴墓，今藏中国国家博物馆[11]。纪年款的增加，一定程度上反映了制瓷技术的发展。

北方青瓷技术约出现于北魏时期，河南、河北、山东都出土过北魏青瓷制品。如河南孟津北魏永平四年（511年）阳平王元冏墓（M17）出土有青瓷碗2件[12]。偃师北魏熙平元年（516年）洛州刺史元睿迁葬墓出土有青瓷碗4件[13]。20世纪八九十年代以来，洛阳北魏城址出土不少青瓷和黑瓷制品[14]；河北省的河间、吴桥、赞皇和磁县等亦出土过北魏时期的青瓷。此期北方窑址发现较少，目前所知，有山东淄博寨里青瓷窑和河北内丘白瓷窑等；前者至迟创烧于东魏（534～543年），并一直延续到了唐代中晚期[15]；后者是邢窑的前身，始烧于北齐，隋唐时又烧出了黑釉、黄釉、三彩器等，唐末五代衰落。

洛阳北魏大市出土的青瓷器有杯、盏、钵，黑瓷有碗、杯、盂等，以青瓷居多。此时的青瓷、黑瓷技术虽然已趋成熟，但仍显示了一些原始性。多数青瓷胎体厚重，加工粗糙，其色灰黄，釉面多缺光泽、透明度较差，少数器物有脱釉现象；黑瓷的胎釉一般结合较好，釉层脱落甚少。值得注意的是有一种青瓷杯（Ⅱ式），胎质洁白，质地坚硬，薄胎薄釉，釉色淡青明亮，微透白色胎骨。显示了类于白瓷的特征，说明北方白瓷已经萌芽[14]。

寨里东魏瓷器主要有碗、盆、器盖等，其中以碗居多，器类较为简单。此期的寨里瓷多呈青褐色和黄褐色，少数为深褐色，近于黑色，釉层厚薄不均，呈斑块状，且常有垂泪状，器内挂釉更加不均，内底聚釉甚厚，但其他处却有露胎现象。胎质厚重、疏松，并见有气孔和黑斑，断口呈褐色，显示了相当的原始性。

此期南方和北方的制陶业亦有不少差别，在整个六朝时期，南方陶业都有一定发展，尤其是陶制明器。在孙吴和西晋时期，明器有谷物加工工具、生活用具、家畜家禽等；陶胎多为红色，外施一层棕黄色的薄釉。东晋以后，庄园经济在南方得到较大发展，器形以车马为主，其他明器逐渐衰退。六朝日用陶器出土较少，除了缸外，多是火候较低，质地疏松的灰陶，与前代实用硬陶明显不同。陶缸在浙江上虞和江苏南京发现较多，一般高约80厘米、口径40厘米、底约30厘米左右，胎色青灰，外施一层黑褐色釉。由于制瓷技术的发展，一般生活用陶已退居次要地位[16]。在北方，三国至十六国时期的陶业都远不及汉代发达，民间流行的陶器多为火候较低，质量较差的灰陶；北魏之后，汉代发明的低温釉陶始才复苏、流行，并且用到了建筑业中。

一、南方制瓷技术的主要成就

（一）胎料选择和加工技术的稳步发展

由现有分析资料来看，东汉至五代，及至北宋，南方青瓷一般采用本地瓷土和瓷石为原料，但在不同地区、不同历史阶段，因原料选择、配制技术的差别，瓷胎成分也产生了许多差异。此期胎料配制技术上有两个值得注意的事项：一是越窑瓷胎含铁量增加，二是婺州窑化妆土的成功使用。

有学者分析三国至南朝的16枚浙江、江西青瓷片[17]～[20]，多为越窑产品，分

别出土于上虞、绍兴、金华、瑞安，还有婺州窑青瓷1片，平均成分为：SiO_2 76.37%、Al_2O_3 16.4%、Fe_2O_3 2.19%、TiO_2 0.82%、CaO 2.73%、MgO 0.66%、K_2O 2.5%、Na_2O 0.64%、MnO 0.001%。可知其 SiO_2（73.51%～78.0%）和 Al_2O_3（14.85%～20.18%）含量与东汉越窑青瓷并无明显差别。但 Fe_2O_3 量（1.63%～3.38%）明显提高，故六朝越器胎色往往较深，呈灰色，并对釉起衬托作用，使釉色青中带灰，色调比较深沉[17]。有的试样所含 TiO_2 量亦较高，有人认为这很可能是选用了含铁、钛量较高的瓷土或在胎中加入了少量紫金土之故①。陈显求分析过3件福州怀安梁代青瓷胎成分[21]，基本特点是 SiO_2 量较高，为80.57%～86.7%，平均84.53%；Al_2O_3 量较低，为8.72%～14.66%，平均10.87%。这在历代越窑中都是很少看到的。同时，其铁、钛量亦不高，平均值分别为：0.62%、0.54%。但也有少量怀安南朝瓷器含硅量稍低，含铝量稍高的，李家治分析过1件标本成分为：SiO_2 67.68%、Al_2O_3 22.4%[19]。

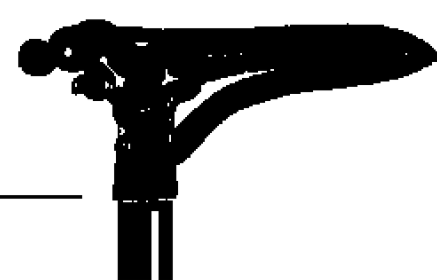
德清窑创烧于东汉，以青瓷为主，汉末、三国便生产出了黑瓷；东晋南朝时，以黑瓷为主，兼烧青瓷，而且合烧青釉、黑釉两种瓷器；隋唐时期转为单烧青瓷，唐后衰落。其原料选择和加工都比较复杂。凌志达分析过2件德清窑东晋黑釉器成分[22]，主要特点是 Fe_2O_3 量较高（2.68%、2.77%），TiO_2 量亦不低（0.92%、0.93%）。有关研究认为，德清窑所用原料约有六七种之多，即瓷土，以及普通陶土和耐火粘土等。人们使用含铁量较高的原料作黑瓷胎，用含铁量较低的原料作青瓷胎，这些原料均曾分别粉碎、淘洗、精心搭配，表现了相当高的技艺[16]。显然，德清窑的黑釉瓷，是在江浙一带的黑釉陶技术、黑釉原始瓷技术基础上发展起来的。

化妆土技术最先是在婺州窑上取得成功的。婺州窑位于今金华地区，武义县曾发现过西晋窑址。今见较早的有关器物有：衢州市街路村元康八年墓出土的瓷碗，武义履坦村、王宅村出土的东晋瓷碗、瓷盏等[23][24]。使用化妆土的目的：一是掩盖坯体粗糙表面，使之显得比较光滑整洁；二是覆盖颜色较深的胎体，使一些质量较差的原料也得到了充分利用；三可使釉层显得比较饱满柔和，增加釉层的艺术美感。婺州窑自西晋晚期便采用了红色粘土作坯，开拓了新的原料来源。东晋时期的越窑、德清窑、南朝时期的湖南、四川一带都采用了化妆土。其缺点：一是增加了淘洗和化妆工序；二是器胎、化妆土、釉三者的烧结温度、膨胀系数需大抵一致，否则容易脱落[25]。南朝过后，浙江青瓷已很少采用这一工艺。

（二）成型技术的进步

此期的碗、盏、钵、壶、罐等圆器都已采用了拉坯操作。拉坯用的陶车也采用了比较先进的瓷质轴顶碗装置，使轮盘能转动自如，提高了生产率。一些扁壶、方壶、狮形烛台等式样特殊的器物，则采用拍片、模印、镂雕、手捏等工艺。如扁壶和方壶，是先拍成所需器物的方形、长方形或椭圆形薄片，然后粘合成器身，再粘结口、耳、足等附件。为使器形规整，扁壶的腹片可在外模中修整。三国西晋常见的谷仓成型较为复杂，其口、腹部系分段拉坯，之后再粘在一起；底和屋

① 紫金土是一种含铁量较高的泥土，外观呈土黄、土红、暗红等色，矿物组成较为复杂。



檐等则用拍片，各式人物、禽兽，则用模印和手捏，仓口和器腹的小圆孔则雕镂而成。上虞县宋家山晋代青瓷成型工具所见有狮形水注陶模和鸡首陶模，对我们了解当时陶瓷成型技术提供了实物依据[25]。

（三）制釉和施釉技术的发展

我国古代瓷釉技术的发展大约经历了三个不同阶段，即：形成期，为商周；成熟期，汉唐；提高期，宋代以后[20]。从大量考古实物的科学分析看，此期江浙一带的青釉成分与东汉是相差不大的，唯 CaO 量稍有提高。有学者分析过 13 件三国至南朝的青瓷釉化学成分[17][18][19]，可知其平均值为：SiO_2 59.35%、Al_2O_3 12.86%、Fe_2O_3 2.43%、TiO_2 0.79%、CaO 17.85%、MgO 2.37%、K_2O 2.0%、Na_2O 0.74%、MnO 0.31%。可见其 SiO_2 较低，多处于 56% ~62% 之间；Al_2O_3 亦较低，多处于 11% ~14% 间；CaO 量皆稍高，较东汉高，较商周的更高[26]。这三国六朝青瓷釉亦是典型的石灰釉。有学者认为其原料主要是釉石（瓷石）和草木灰（或石灰石）。

我国历代青瓷都是以铁为着色剂的，用还原焰烧成。含铁量对釉的呈色有着十分明显的影响。一般而言，当氧化铁含量达 0.8% 左右时，釉呈影青色；随含铁量增加，呈色亦加深，当氧化铁含量达 1% ~3% 时，釉呈青绿色；达 4% ~5% 时，呈灰青色、茶叶末色或墨绿色；达 8% 左右时，釉呈赤褐色乃至暗褐色；当厚度达 1.0 毫米以上，氧化铁含量增长至 10% 左右时，便呈现黑色[27]。

除铁外，石灰釉中的钛和锰也是很强的着色元素，钛可使釉呈黄色或紫色，锰可使之呈棕色或紫色，若釉内同时含有铁、钛、锰的氧化物，即使含量较低，也会呈现出青中带黄或灰黄微绿的色调；若含量较高，则呈暗褐色或黑色。在晋代，德清窑又利用含铁量很高的紫金土，甚至掺入了含锰粘土来配制黑釉，这是制釉工艺又一个大的进步。

釉下彩技术在三国西晋时期已初露端倪。它的基本操作是：在器胎上用彩料绘饰，并罩盖透明釉，之后入窑，在高温下一次烧成。1983 年，南京中华门外长岗村吴末晋初墓出土一件精美的青瓷釉下彩盘口壶；1960 年南昌西晋永安元年墓出土一件造型精美釉色晶莹的青瓷釉下褐彩莲瓣纹鹰首壶，有人认为其可能与吉州窑有关[28]。长沙东晋墓曾出土过具有长沙窑特点的釉下蓝黑点彩盘口壶[29]。唐宋时期，釉下彩瓷获得了较大的发展。

东晋时期，高温釉上褐彩技术亦在温州窑上开始出现。人们在分析东晋瓯窑青瓷褐彩时发现，其色料是装饰在釉面之上的，并在高温下一次烧成，这种褐彩，应属高温釉上彩[30]。东晋婺州窑一些盘口壶、鸡头壶等器的口沿部还使用了一种彩斑状装饰，此应是花釉的雏形[53]。

在南朝梁时，乳浊釉亦开始崭露头角。这种釉色呈月白、天蓝、乳浊，能给人一种清幽、纯美、恬适和仿玉之感。类似具有乳浊光斑的釉面早在西周釉陶上便已出现，西晋青瓷谷仓上有时也可看到蓝白色的乳光，但具有乳光的批量瓷器却是梁至唐代早期才出现的。1982 年，福建怀安县发掘了一处梁至唐代中期的窑址，出土大量的瓷器和窑具，其上分别见有南朝梁“大同三年”（537 年）和唐“贞元”（785 ~805 年）年款。有学者曾对怀安窑器进行了详细分析，其中大同三

年款釉呈粉蓝色乳光，釉面光洁如玉，如脂般光泽莹润，盘口曲折处聚釉有极细的兔丝纹[21]。此技术在宋代得到了较大的发展。

此期的制釉法依然是胎泥羼草木灰和石灰，各种釉在颜色和形态上的差别，则是通过部分用料，其中包括着色剂等的调整和烧造工艺的控制来实现的。如青釉、黑釉都与含铁量有关，乳光釉则是在釉中出现了二液分相的缘故，与釉的成分和烧造工艺都有一定关系。

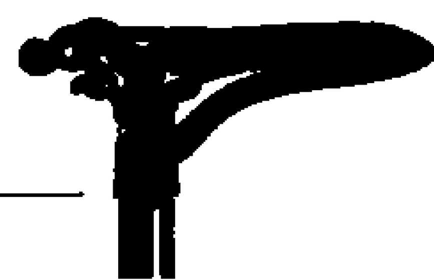
汉代仍以刷釉法为主，三国西晋后，浸釉法普遍推广起来。此时釉层一般较为均匀，呈色亦较稳定；胎釉结合较好，流釉较少；西晋青瓷釉厚度已多在0.1毫米以上，说明其胎釉烧成温度、膨胀系数都较匹配。1993年，湖南保靖县汉墓出土一件龙首青瓷灯，器高15厘米、口径10厘米、底径11.8厘米，胎质灰白，通体施豆青釉，莹洁闪光，稍稍泛黄，并呈冰裂纹，造型生动别致，是湘阴窑不可多得的产品[7]。此期湘、鄂、蜀、赣等地瓷窑的产品，可能都采用了含铝量较高、含铁量较低的瓷土作为胎料，而使胎的烧成温度提高。

（四）龙窑技术的改进

三国时期，龙窑结构仍处在探索的阶段，西晋南朝之后，才逐渐变得合理起来。

上虞鞍山发现过一座保存较好的三国龙窑，全长13.32米，宽2.1～2.4米，由火膛、窑床、烟道三部分组成。窑底前段倾斜13度，后段23度，中段下凹。窑墙用粘土筑成，高30～37厘米，用粘土砖坯拱顶。在燃烧室与烧成室交界处设一障焰板，以避免前列坯件因受热过急而瘫软前倾。在窑床与烟道间有一道高10厘米的挡火墙，墙后设有六个排烟孔。与东汉龙窑相比较，优点是窑身加长，可提高装烧量；窑身前宽后窄，有利于瓷器烧成；缺点是前段坡度较小而影响抽力，对发火和升温不利；后段因坡度较大而抽力太大，不利于保温。此窑的窑床内遗留有大量用来装烧坯件的垫具，中段最为密集，后段接近火墙处则很少看到，说明前段中段烧成较好，后段则可能烧不出瓷器来[32][33]。

由战国、秦汉，及至三国，龙窑结构的基本特点是短、宽、矮、陡。短是受到了火焰长度的限制，宽是为了扩大装烧面，矮是与当时叠装高度相适应的，陡是为了提高自然抽力，这结构显然是不太合理的。西晋时期，因较好地采用了“分段烧成”法，使窑身变长、变高、变缓起来，从而提高了烧成率，提高了产量，使龙窑技术获得了突破性进展。上虞帐子山发现过一座晋代龙窑，仅存窑床后段和出烟坑部分，残长3.27米、宽2.4米。窑的结构和建筑用料虽与汉代相同，但其窑床后段的倾斜度约为10度，与现代龙窑相似；窑底的砂层上所置窑具纵横成行，排列有序，行距疏密不同，可适当调节火焰分布状况；且窑尾残器烧成较好，若非“分段烧成”，其后段是很难达到此种烧造效果的[32][33]。原始龙窑虽也有多个投柴口，但其窑尾经常生烧，可能与其“分段烧成”技术不太成熟有关。采用“分段烧成”后，龙窑长度可视需要而定。加长的优点是：（1）可增加装烧面积，从而增加装烧量。（2）可提高热利用率。（3）可使窑身宽度变小，从而可延长窑顶寿命（因当时的窑顶是用土坯砌造的，过宽则易倒塌）。（4）可使窑内温度分布更为均匀。这样，龙窑结构逐渐走向定型[25]。



（五）装烧技术的提高

这主要表现在三方面：一是支烧具在南方得到了较为普遍的采用；二是发明了匣钵；三是发明了火照。此外，覆烧工艺的雏形大约也已出现。

三国时期，有的支烧具作直筒形，腰部作弧形微束，西晋时改作了喇叭形和钵形。“钵形”窑具主要用作支烧盆、钵类大件器物，绍兴发现过两处三国至西晋的青瓷窑址，其中便使用了部分钵形窑具[28][34]。间隔具在三国时多用三足支钉，西晋窑工又发明了一种锯齿状口的盂形隔具。东晋之后，德清窑和部分越窑已不再采用间隔具，而是在坯件间放置几粒扁圆形泥点（雅号“托珠”）垫隔，这不但增加了装烧量，而且节省了原料和制作垫具的工时，具有较高的经济价值。

匣钵约始见于南朝早期，1982 年、1983 年在江西丰城龙雾州先后两次出土东晋、南朝匣钵；1992～1993 年，江西丰城洪州窑出土了大量东晋、南朝早期的瓷器、窑具和大量废弃了的匣钵[31][35]。桂林南朝晚期窑址也发现了大量匣钵等物[36]。1973 年，湖南湘阴发现了南朝与隋唐之际的窑址，其中亦有匣钵[37]。此期匣钵使用量虽还较少，但它的出现却具有重要的经济技术意义。

“火照”是用来观察窑内火候和试釉的一种坯件。其常呈三角形，上端有一圆孔。多用未曾烧制的碗坯改制，半截上釉，下部尖状处插入放满沙粒的一个匣钵中，此匣钵置于炉前的观火孔内侧；欲了解瓷器胎、釉的烧造情况时，便以钩子伸入观火孔内，将火照从匣钵中钩出。每窑烧造过程中，都要检查火候数次，每次都要钩出一个火照来。火照虽器形简单，但对人们准确掌握窑温、提高成品率具有十分重要的意义。往昔认为火照发明于宋，后又推及唐，1994 年江西丰城窑发掘时，在东晋和南朝地层都有出土。东晋火照呈小盏形，盏呈尖圆唇，曲壁，浅圆饼足，似是将已施釉的盏体壁挖出一个大圆孔而制成；南朝火照与此基本相同，亦呈盏形，但其盏较浅，有的挖孔稍大[52]。

覆烧法是我国古代瓷器的一种重要装烧工艺，基本操作是：口朝下，底朝上。其约始见于五代至北宋时期，但作为其初始形态的仰覆对口烧，则南朝（420～589 年）洪州窑便已使用。唐洪州窑位于江西丰城罗湖一带，1979 年第一次发掘时出土有不少芒口钵；其 I 式、IV 式平底钵，口沿均露素胎（即无釉），当用仰覆对口烧造而成。其中 I 式钵发现了 2 件，IV 式钵发现了 8 件对口烧。这应是今见较早的芒口瓷①，也是覆烧工艺的初始形态[38][39]。

此期的烧成技术有了较大提高，尤其六朝时期。李家治分析过一件上虞西晋元康七年墓出土的越窑双系罐瓷片，烧成温度达 1300℃，吸水率 0.42%；显气孔率 0.92%；胎内有发育得较好的莫来石晶体；石英颗粒较细，并有较多的玻璃态；釉色青灰，厚薄均匀，胎釉结合较好，无剥落现象；0.5 毫米厚时便可微微透光，瓷片击之铿锵有声；除 Fe_2O_3 和 TiO_2 含量稍高（分别为 2.72% 和 1.11%），使胎呈现较深的灰白色外，其余大体已接近宋、元、明瓷器的组成[19]。郭演仪等分析过一件上虞帐子山三国青瓷碗残片，显气孔率为 1.06%，吸水率 0.5%，烧成温度 1240℃；在弱还原性气氛中烧成，烧结程度较好，薄片可微透光，基本上达到了现

① 芒口瓷，口沿不施釉，而带“芒”的瓷器。口沿不施釉的原因是：为防止对口烧互相粘连。

代瓷标准[17]。其坯件虽无匣钵等保护体，明火烧造，但熏烟现象很少，过烧和流釉现象亦很少看到，说明烧成技术是较高的。

早在三国时期，南方便烧造了一些形制较大的瓷器，如金华古方12号三国墓出土1件瓷罍，高36.7厘米、口径30厘米、腹径48.5厘米、底径20.4厘米。大型器物的烧制需满足多项技术指标，它显示出在原料选择、加工、成型、烧造技术等方面的进步[40]。

二、北方制瓷技术的主要成就

这主要表现在下列三个方面：即发明了青瓷、黑瓷、白瓷。

（一）青瓷技术的发明

如前所述，今见年代较早的北朝青瓷属北魏中期，如孟津永平四年墓青瓷碗等。但作过科学考察的北朝青瓷器较少，主要有1955年河北景县封氏墓出土的一件青釉器。这件青瓷器釉色显灰略黄，极薄，有细纹片；胎质较粗，色灰，见有黑点和气孔[41]。成分为：SiO_2 67.24%、Al_2O_3 26.94%、Fe_2O_3 1.11%、TiO_2 1.17%、CaO 0.54%、MgO 0.53%、K_2O 1.86%、Na_2O 0.2%。可见：（1）SiO_2 含量较南方青瓷为低，Al_2O_3 含量较南方青瓷为高，这正是北方青瓷的一个特点。封氏墓群的年代是北魏至隋代初年，这应是我国今日所见年代最早的一批高铝瓷器。从东汉到五代，及至北宋，南方青瓷多为高硅低铝质。此高铝的优点是有利于成型和烧制，但需相应的原料处理条件和高温技术相配合，否则很难使瓷器的致密度达到最佳状态。（2）TiO_2 含量较高，这也是北方瓷系的重要特征。封氏墓青瓷和其他北方青瓷胎一般着色较深，与此是不无关系的。这主要是 Fe_2O_3 和 TiO_2 在高温下生成了 $FeO \cdot TiO_2$ 与 $2FeO \cdot TiO_2$ 以及 $Fe_2O_3 \cdot TiO_2$ 等化合物使胎着色之故[17]。南北青瓷虽含铁量相去不大，但因南方青瓷含钛量稍低而呈色较浅。

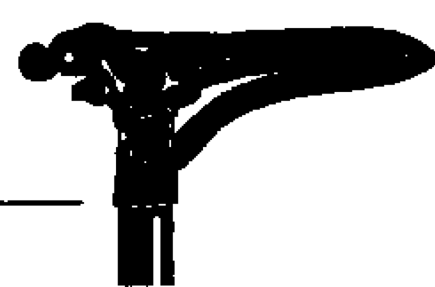
人们还分析过1件北朝封氏墓青釉片，其化学成分为：SiO_2 57.25%、Al_2O_3 16.35%、Fe_2O_3 1.65%、TiO_2 0.69%、CaO 17.99%、MgO 3.35%、K_2O 2.51%、Na_2O 0.52%、MnO 0.06%[41]。可见其亦是一种含CaO较高的石灰釉。另外，其所含 Al_2O_3 量亦较高，这显然与原料有关。此期北方瓷器施釉主要有荡釉和蘸釉两种。从寨里窑发掘情况看，大凡碗、盆、四系罐等均采用器内荡釉、器外蘸釉的方法。

（二）北方黑瓷的兴起

由前可知，青瓷、黑瓷实际上都是以铁等为着色元素的。以青釉器为中心，若在工艺上设法排除了铁的干扰，就会烧出白瓷来；若加重了铁在釉中的呈色，就会烧成黑瓷。北方黑瓷的发明年代目前尚不了解，但前云洛阳北魏城址在出土青瓷的同时，亦出土了黑瓷，故其发明年代亦至少可上推到北魏时期。看来，不管南方北方，黑瓷与青瓷的发明年代，是不会相差太远的。除了洛阳北魏黑瓷外，今日所知的北朝黑瓷还有：河北平山县北齐崔昂墓出土的黑釉四系缸[42]，1975年河北赞皇县东魏李希宗墓出土的黑釉瓷片[43]。前者造型稳重大方，线条挺拔，制作颇精，胎质坚硬，釉色匀称光亮；后者虽难辨器形，但其制作规整，釉色漆黑光亮，胎骨细薄坚硬，都表现了较高的工艺水平。

（三）北方白瓷的出现

白瓷是我国古代瓷器的基本品种之一，它以含铁量较低的瓷土为胎，施以纯



净的透明釉而烧成。一般认为，其发明年代较青瓷稍晚。虽长沙东汉墓曾发现过几种灰釉器，胎质灰白，釉层匀润，已近白瓷，但后来未见连续生产[44]。作为一项连续发展的白瓷工艺，它是始于北方的。今在考古发掘中看到的白瓷器属北魏中期，1991 年河南孟津邙山永平四年（511 年）阳平王元冏墓在出土青瓷碗的同时，还出土 1 件白瓷盘（残）[12]。此外，1989 年偃师南蔡庄北魏墓也出土过几片白胎青釉瓷片[45]。洛阳北魏大市遗址所出Ⅱ式杯胎质洁白，釉呈乳浊，薄而透明[14]。北齐时期，白瓷技术得到进一步发展。1971 年河南安阳北齐武平六年（575 年）范粹墓出土了一批碗、杯、缸、瓶等白瓷器。经分析，其胎料曾经淘洗，既白且细，没有化妆土，釉薄而滋润，其色乳白。这些白瓷因刚从青瓷脱胎出来，无论胎釉的白度、烧成后的强度和吸水率等，都不能与现代标准的白瓷相比的，尤其是其釉呈乳浊的淡青色，在釉厚处依然泛青[46]，说明其并未完全摆脱开铁的呈色干扰。其实，由青瓷到白瓷，也经历了一定的发展时期，甚至到了唐代，有的白瓷虽在薄釉处呈白色，但在厚釉处却依然泛青。1974 年，河南安阳市发现了相州窑址[47]，这是北方较早看到的早期瓷窑之一。有学者认为，范粹墓瓷器[42]、濮阳李云墓瓷器[48]，很可能都是相州窑烧造的[49]。这种白釉白胎的白瓷的出现是我国陶瓷史上的一个重大事件，它为后世青花、釉里红、五彩、粉彩等各种彩绘瓷的发明奠定了良好的基础，为我国瓷器技术的发展开辟了一条广阔的道路。白瓷始于北方，其中一个重要因素是高铝瓷土在北方较为丰富。

三、北方铅釉陶的发展

北魏建国后，北方的制瓷业开始发展，制陶业亦复苏起来。此期的低温铅釉陶在汉代基础上有了许多改进，其釉色莹润明亮，花色品种增加，有黄地加绿彩、白地加绿彩，以及黄、绿、褐三色并用等种。开始脱离了汉代的单色釉，而向多色彩釉迈进，并为唐三彩的出现奠定了良好的基础。

此期的河北、河南、山东、山西等省都出土过工艺水平较高的铅釉陶。在河北，大家较熟悉的是封氏墓群所出诸器，如黄釉高足盘，釉色黄中闪青，晶莹如镜，造型简洁明快；又如酱色釉玉壶春式瓶，胎色棕褐，质地坚密，造型优美，釉层匀润而不甚透明，是北方釉陶中难得的精品[50]。在河南最有代表性的是北齐范粹墓所出几件黄釉扁壶，模制成型，正面略呈梨形，高 20 厘米，造型别致；胎质细腻，釉色深黄，透明莹润，曾被误认作瓷器。范粹墓还出土有绿釉、淡黄釉、酱色釉等釉陶器；有的还在淡黄釉上再挂黄釉和绿彩。濮阳北齐李云墓釉陶也有淡黄釉挂绿彩的工艺[48][51]。看来，北朝釉陶在汉、唐釉陶间起到了一种承前起后的作用。

第四节 纺织技术之继续发展

魏晋南北朝的丝、麻、毛、棉纺织技术都有一定的发展，尤其今四川、江南和部分边远地区。

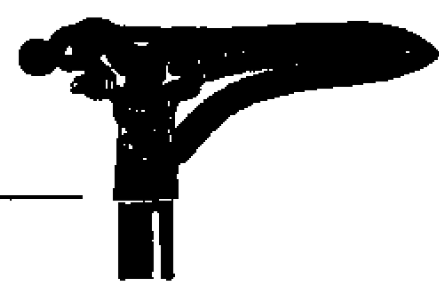
秦汉时期，我国蚕桑业较发展的地区是黄河中下游；魏晋南北朝之后，巴蜀和江南蚕桑业亦兴盛起来，《华阳国志》载，当时的巴郡、巴东郡、巴西郡、涪陵

郡、蜀郡、永昌郡等均有蚕桑生产。西晋左思《蜀都赋》在赞美蜀锦时说:“阛阓之里，伎巧之家；百室离房，机杼相和；贝锦斐成，濯色江波；黄润比筒，赢金所过。”[1]李善注:“贝锦，锦文也。”“黄润，谓筒中细布也。”古人认为，蜀锦丽质，与其水质较好是有关的。《文选》李善注引谯周《益州志》说，“成都织锦既成，濯于江水，其文分明，胜于初成；他水濯之，不如江水也。”[1]这是我国古代文献中，关于漂练用水选择的最早记载。六朝时期，蜀锦在国内已负盛名。（刘宋）山廉之《丹阳记》说:“江东历代尚未有锦，而成都独称妙；故三国时，魏则布（市）于蜀，而吴亦资西道。”[2]说魏、吴皆喜蜀锦。又，《江表传》载:“陆逊攻刘备于夷陵，备舍舡步走，烧皮铠以断道，使兵以锦挽车，走入白帝。”[3]此云“以锦挽车”，可见蜀锦使用量较多、生产量较大。刘备赐群臣也多用锦。《蜀志》云:“先主入益州，赐诸葛亮、法正、张飞、关羽锦各千匹。”[4]蜀汉还曾以锦作为军饷的重要来源，诸葛亮曾说:“今民贫国虚，决敌之资，唯仰锦耳”[5]。吴国也极力提倡蚕桑，《三国志》卷六五载，华覈谏孙皓疏称:“大皇帝……广开农桑之业，积不訾之储”。“宜暂息众役，专心农桑”。吴时，官营纺织手工业规模迅速扩大，《三国志》卷六一“陆凯传”载：陆凯曾上书谏孙皓，说:“先帝时，后宫列女及诸织络数不满百……先帝崩后……伏闻织络及诸徒坐乃有千数计”。统治者竞服丝绸之风也渐南侵，华覈所云“内无儋石之储，而有出绫绮之服”，正说明了这一情况。西北地区的丝织业此时也有一定发展，从考古发掘的文书上看，至迟魏晋时期，今新疆一带就有了丝绸织造业，并在疏勒（今喀什一带）、龟兹（今库车）、高昌（今吐鲁番）等地都形成了织造中心，在哈拉和卓古墓出土的北凉—高昌时期文书中，曾见有“交与丘慈锦三张”、“高昌所作黄地丘慈锦”、“疏勒锦”等的字样[6]。显然，这些锦皆系本地区所织。过去一般认为，丝织品，尤其是锦，都应当是中原织造的。

魏晋南北朝时，麻类纤维仍被广泛地使用着，北方多植大麻，南方多植苎麻。从有关记载看，南方自东晋至南朝各代，政府的户调制皆是布绢兼收的；绢的实际收入往往还不及麻布之数。《晋书》卷一〇〇“苏峻传”载:“峻陷宫城……时官（府）有（麻）布二十万匹，金银五千斤，钱亿万，绢数万匹……峻尽费之。”可见官府所藏绢数亦远较麻布为少。苏峻之乱平定后，官库收入中则有布而无绢[7]。南朝历代对臣僚的赐品亦是布多于绢。有人从《宋书》摘得赙赐例13条，其中赐布9条，赐绢者3条，绢布兼赐者1条；又从《梁书》摘得赙赐例40条，其中赐布者33条，赐绢的4条，二者兼赐者3条[8]。此时士大夫之俭朴者亦以麻类衣着为常服。《陈书》卷二七“姚察传”说:“察自居显要，甚励清洁……尝有私门生，不敢厚饷，止送南布一端，花练一匹。察谓之曰：吾所衣著只是麻布蒲纾练，此物于吾无用。”此“南布”有人认为是指棉布；“練”即极为精细之苎麻布，汉谓“疏布”，三国谓“竦布”。

毛织业在西北地区亦有一定发展。《晋书》卷八六“张轨传”载，晋怀帝永嘉四年，凉州刺史张轨派人捐送毛织物三万匹和马五百匹到洛阳，可见其毛织品产量之大。当时的毛织物品种主要有绛毛、花罽、毛毯等。

此期纺织技术的主要成就是：由于马钧对绫织机的改革，花机生产能力大为



提高；绫、锦、织成都有了不少的发展；红花已被广为使用，静蓝提取和染色技术都有了进一步提高；夹缬、绞缬技术逐渐兴盛起来；有关边境地区用棉的记载明显增多。

一、原料加工技术的进步

魏晋南北朝的纺织用原料主要是丝、麻、葛、毛；我国的棉花种植和棉纺业此时仍然局限于西北、两广和云南一带。

（一）家蚕饲养技术的发展

此期家蚕饲养技术从选种、孵化到贮茧，都取得了较大的进展，其中较为重要的是低温催青法、盐腌杀蛹法以及炙箔法。

“低温催青”即是利用低温来控制蚕种的孵化时间。《齐民要术》卷五“种桑柘”引晋《永嘉记》说：“取蚖珍之卵藏内瓮中，随器大小，亦可十纸。盖覆器口，安硎泉冷水中，使冷气折出其势，得三七日，然后剖生养之。”一般二化蚕第一次产卵后，在自然状态下，经七八天就会孵化出第二代蚕来，这低温（冷泉）处理若控制得好，便可在“三七日”，即21天后孵化，从而在较大幅度上调节了养蚕时间。

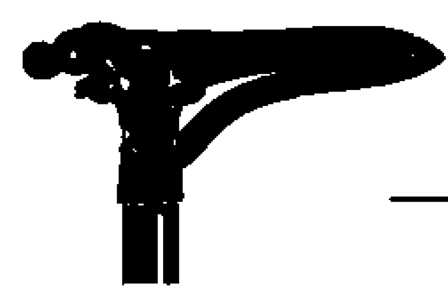
盐腌杀蛹法亦始见于这一时期。《齐民要术》其卷五“种桑柘”说：“用盐杀茧，易缫而丝韧；日晒死者，虽白而薄脆。缣练衣著，几将倍矣。甚者，虚失藏功，坚脆悬绝。”[9]梁陶弘景《药总诀》亦云：“凡藏茧，必用盐官盐。”这就既有效地控制了缫丝时间，又提高了生丝质量。秦汉时期大约主要是利用薄摊阴凉或日晒杀蛹来推延、适当控制缫丝时间的，但它只能推延一二日，且丝质欠佳。

“炙箔”实际上是暖烘蚕箔。《齐民要术》卷五“种桑柘”条说蚕上簇后，需在簇“下微生炭以暖之，得暖则作速；伤寒（嫌冷）则作迟”。可见炙箔的初始目的是为了快速作茧。此后，炙箔技术便一直沿袭了下来，明代曾把与此相似的操作谓之“出口干”，意即蚕丝一旦吐出，由于烘烤之故，即刻变干。

魏晋南北朝的缫丝技术大体上都沿袭了秦汉以来的一些基本操作，普遍地使用了热水煮茧，并推广了手摇缫车。

（二）麻类加工技术。麻加工技术的进步主要表现在对沤渍脱胶的用水量、水温、沤渍时间上都有了进一步认识。《齐民要术》卷二“种麻”条说：“获欲净（原注：有叶者喜烂），沤欲清水，生熟合宜（原注：浊水则麻黑，水少则麻脆。生则难剥，大烂则不任挽。暖泉不冰冻，冬日沤者，最为柔韧也）。”这与现代技术原理是基本相符的。“水少则脆”，是麻纤维与空气接触而被氧化了的缘故。除了沤渍脱胶外，魏晋南北朝亦沿用了周代以来的煮练脱胶法。三国吴人陆机在《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》中说：“苎亦麻也……剥之以铁若竹，刮其表，厚皮自得脱。但其理韧如筋者，煮之用缉。”

（三）铰毛技术。《齐民要术》卷六“养羊”条简要地谈到了铰毛的时间和方法，说“白羊三月得草力，毛床动则铰之（原注：铰讫，于河水之中净洗。羊则生白净毛也）。五月毛床将落，铰取之（原注：铰讫，更洗如前）。八月初，胡葈子未成时，又铰之（原注：铰了，亦洗如初。其八月半后铰者，勿洗；白露已降，寒气侵人，洗即不益。胡葈子成然后铰者，匪直著毛难治；又岁稍晚，比至寒时，



毛长不足，令羊瘦损）。”“羝（疑误，应作羖）羊，四月末五月初铰之（原注：性不耐寒，早铰，寒则冻死）。”可见白羊（绵羊）每年可铰毛三次，羖羊（即山羊）只可铰毛一次[10]。这显然都是人们在长期生产实践中总结出来的。

此期见于考古发掘的毛织物也不少。1959 年，新疆巴楚县脱库孜沙来古城遗址出土过 2 块北魏时期的缂毛毯，以灰白毛纱为经，以红、黄、深蓝、天蓝、淡蓝、深棕 6 色毛纱为纬，织成大幅宝相花纹。经纬密分别为 4 根/厘米、12 根/厘米。毛纱较粗，织物较为厚实[11][12][13]；1964 年，哈拉和卓前凉建兴三十六年（348 年）墓出土一件毛织物残片，平纹，经纬密分别为 11 根/厘米和 8 根/厘米，经线加捻得较细较紧[14][15]。1975 年，哈拉和卓古墓出土一件高昌早期毛罽，织法和传统锦一样，经显花，有红、黄、白、褐四色，纬线为红褐色，每平方厘米夹纬各 6 枚，经线 17 枚。该墓还出土有柔然郁久闾予成永康十七年（480 年）文书[14]。1965 年，辽宁北票北燕冯素弗墓也出土有毛毯残片，颜色灰白、棕白，质地细软[16]。除羊毛外，此时人们还使用了一些禽兽毛纤维。如《南齐书·文惠太子传》载:“织孔雀毛为裘，光彩金翠，过于雉头矣。”以孔雀毛为裘，自然十分的珍贵。

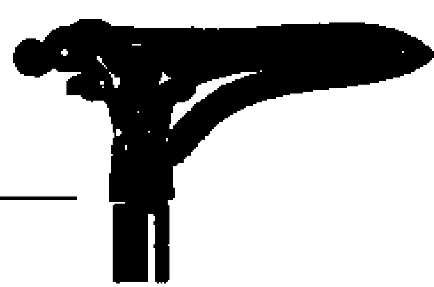
（四）边境地区用棉记载增加

魏晋南北朝时期，我国的棉花依然主要产于西北和西南边境地区，但有关记载明显增加，其名称有白叠、木緜（木绵）、吉贝，以及梧桐木、橦树等。一般认为，现代栽培棉均属锦葵科棉属，为一年生亚灌木，热带和亚热带也有多年生灌木或小乔木类。棉花的原始型系多年生灌木或小乔木。我国新疆一带的棉花属“草棉”（或叫“非洲棉”）中的库尔加棉类型①，一年生[17]；闽广一带的棉花属亚洲棉，为多年生或一年生灌木，少数为多年生小乔木。此外，南方还有一种名为攀枝花的落叶乔木，其主要用作褥絮，亦可制作粗布，古人亦常谓之“木绵”或“木棉”。由于古代文献往往较为简略，故后人常将攀枝花与棉花相混，其实它们是有差别的。这一点，第八章还要细谈。

西北地区一年生草棉较为确切的记载始见于《梁书·西北诸戎传》，其云：高昌国“多草木，草实如茧，茧中丝如细纑，名为白叠子，国人多取织以为布，布甚软白，交市用焉”。高昌国首府在今新疆吐鲁番东南的哈拉和卓。此“白叠”，有人认为即梵语 Bhardvdji，意即野生棉[18]。此书虽为唐姚思廉所撰，但当有所本。这是我国古代文献中，较早提到草棉的地方。《南史》卷七九“西域诸国·高昌国”所述与此基本一致，其作者为唐李延寿。此说“实如茧”之“草”，自然是如草一样，植株低矮的一年生棉。可见草棉之说渊源久远。

此期西北棉织品的考古实物亦有多起。1900 年，斯文·赫丁（SvenHedin）在楼兰遗址发现了一些注有年代的“木板”和纸，其年代为公元 265 ~ 270 年，其中纸上所注年代为公元 252 年。据德国政府检验局分析，此纸属麻纸，但含有棉纤维[19]。1964 年，吐鲁番阿斯塔那晋墓出土过 1 件布俑，身上衣裤皆为棉布缝制。1959 年，于田县屋于来克遗址的北朝墓出土 2 件棉布褡裢，长 21.5 厘米，宽 14.5

① 草棉计有 5 个类型，其中 3 个为多年生，2 个为一年生。新疆棉属草棉中的库尔加型，一年生。



厘米，经纬密25根/厘米和21根/厘米，较为致密，用本色和蓝色棉纱织出方格纹[17]。

同年，另一座北朝墓出土一块蓝白印花棉布，长11厘米，宽7厘米（图版拾伍，2）[17]。在阿斯塔那高昌时期的墓葬中还发现有高昌和平元年（西魏大统十七年，551年）借贷棉布（“叠”）和锦的契约，其中提到：一次借贷叠布达60匹之多[20]。1999年新疆尉犁县营盘墓地发掘的8座墓中，出土棉织品3件，其中有棉布袍1件、棉布裤2件，皆出土于8号墓，断代东汉至魏晋[21]。说明吐鲁番一带的棉织业当时已相当发达。

此期关于西南地区产棉用棉的记载主要有下面一些：

吴人万震《南州异物志》云：“五色斑布，以丝布，古（吉）贝木所作。此木熟时，状如鹅毳，中有核如珠珣（原注：公后切），细过丝緜。”[22]此书为万震见闻录。“南州”约指今广西与越南接壤一带。古代文献中常把草棉或亚洲棉称之为吉贝；而其毳“细过丝緜”，故此很可能是指多年生或一年生的棉花，而不会是攀枝花。

西晋张勃《吴录·地理志》云：“交趾定安县有木緜树，高丈余，实如酒杯，口有緜如蚕之緜也，又可作布，名曰白緤，一名毛布。”[23]交趾，今两广及越南北部一带。此木緜树仅“高丈余”，应当是棉花；因攀枝花经常是高达十余丈的。

西晋左思《蜀都赋》中曾有“布有橦华”一语，西晋刘渊林注云：“橦华者，树名橦，其花柔，毳可绩为布，出永昌。”永昌，今云南保山一带。又，东晋《华阳国志·南中志》云：永昌郡，古哀牢国，“有梧桐木。其华柔如丝，民绩以为布……俗名曰桐华布”。哀牢，约在今云南保山怒江以西地方。一般认为，此橦树[24][25]和“梧桐木”[24][25][26]都是棉花，但也有学者认为它们都是攀枝花[27]。

西晋郭义恭《广志》曰：“梧桐有白者，剽国有白桐木，其葉（華?）有白毳，取其毳淹渍缉织以为布也。”[28]“剽国”为缅甸古称。一般认为，此梧桐、白梧桐都是棉花[24]，也有人认为它们都是攀枝花[25]。

南朝宋沈怀远《南越志》载：“桂州（今桂林一带）出古终藤，结实如鹅毳，核如珠珣，治出其核，约如丝绵，染为斑布。”[29]此古终藤是为何物，今人的分歧较大。有人认为它是棉花[25][30]，但也有人说它可能是皮类纺织纤维植物[27]。可以进一步研究。有一些记载，如东晋裴渊《广州记》[31]所云，其木緜仅能“为絮”，便很可能是攀枝花。

此时棉布已经作为贡品或交易品流入了内地。《太平御览》卷八二〇引吴笃《赵书》云：“石勒建平二年，大宛献珊瑚、琉璃、氉㲪、白叠。”帝王之家、达官贵人当时也有衣着棉布的，可能依然较贵。《梁书·武帝纪》载：武帝服节俭，“帝身衣布衣（麻布衣），木棉皂帐”。

今学术界对南方木棉树、梧桐等往往存在一些不同看法，其原因主要有三：（1）文献记述得不太清楚，遂使今人产生了不同的理解。（2）人们对我国古代棉花的具体形态缺乏了解，一般认为其属锦葵科，也有学者认为其属木棉科。（3）对攀枝花亦缺乏认识。有人认为其不能，或者很难作布；其实，以手工接续，以纺坠加捻，攀枝花是可以织成粗布的；海南岛的黎族还有过使用攀枝花绩布的

历史[27]。

有一点需顺带说明的是：对于“白叠”、“吉贝”等棉花称谓的来源，今学术界一般都采用了胡竟良的观点，认为我国古代棉花的早期名称，很可能都与梵语有关，“白叠”系梵语 Bhardvdji（野生棉）的音译，“吉贝”系梵语 Karpasi（栽培棉）的音译[18]。但也存在一些不同看法，如有学者认为，“白叠”系突厥语 Pahta（棉花）的音译[52]。此外也有一些记载是不太好理解的。《太平御览》卷八二〇“白叠”条云：“晋令曰：士卒百工不得服越叠。”一般认为此“越”即百越；“叠”，即“白叠”，棉布。但《（嘉泰）会稽志》卷一七“草部·纸”条却载：“白叠布，自一种。杜子美诗所谓光明白㲲巾者也。晋令曰士卒百工毋得服越叠，盖旧出于越，今无之。”若“越叠”为越地棉布的话，为何宋代却“无之”？应是增加了才对。所以，这是不好理解的。

（五）对蕉麻的利用

蕉麻是生长于南方的多年生草本植物，其品种较多，实可食，其茎中包含有可用于纺织的纤维，并可织成焦布。我国古代与蕉麻有关的记载最早属汉，直到清代为止，许多文献都有专门记载。《三辅黄图》卷三载：“扶荔宫在上林苑中，汉武帝元鼎六年，破南越，建扶荔宫，以植所得奇草、异木、菖蒲百本、山薑十本、甘蕉十二本。”此书不著作者姓名，约为唐人所撰，所述当有所本。关于蕉麻纺织的记载始见于晋。晋嵇含《南方草木状》卷上载：“甘蕉，望之如树，株大者一围余，叶长一丈或七八尺，广尺余二尺许，花大如酒杯，形色如芙蓉……一名芭蕉，或曰芭苴……其茎解散如丝，以灰练之，可纺绩为絺绤，谓之蕉葛，虽脆而好，黄白，不如葛赤色也。交广俱有之。”[32]嵇含，晋惠帝时人，《晋书》卷八九有传。这里谈到了蕉麻之灰水沤练，说其可纺织绩为絺绤。左思《吴都赋》：“蕉葛升越，弱于罗纨。”李善注：“蕉葛，葛之细者。升越，越之细者。”[33]此期的郭义恭《广志》、杨孚《异物志》等都有相类似的记载。

二、纺纱技术的发展

魏晋南北朝的纺纱技术大体沿袭了秦汉以来的一些基本操作，手摇纺车、脚踏纺车进一步推广；其中最值得注意的是，南方很可能还使用了木棉纺车。

三国万震《南州异物志》云：吉贝木实中之纤维，细过丝緜。“人将用之，则治出其核，但纺不绩，在（任）意小抽相牵引，无有断绝。欲为斑布，则染之五色，织以为布。”其中值得注意的是：（1）吉贝纤维“但纺不绩”。纺，《说文解字》云：“纺丝也。”段注云：“丝之纺，犹布缕之绩缉也。”绩，《说文解字》：“缉也。”段注云：“绩之言积也，积短为长，积少为多。故《释诂》曰，‘绩，继也、事也、业也、功也、成也。”缉，《说文解字》：“绩也。”段注云：“析其皮如丝，而撚之，而剥之，而绩之，而后为缕，是曰绩，亦曰缉。”所以，纺即牵引出纤维，并加捻；而绩、缉，则是接绩、积短为长。故“但纺不绩”便是连续地牵引纤维，而无需劈绩接续。（2）“任意小抽相牵引，无有断绝”。看来，此应是一种能够连续不断地牵引出棉纱的机械，即棉花纺车。因早在汉代，我国就较多地使用了丝麻纺车，故三国时期南州发明出棉纺车也是可能的。丝麻纺车与棉纺车的差别主要是，前者只用作合股、加捻，无需引出纱条，绳轮与锭子间的传动比较大；棉



纺则不但需牵引出纱条，还要加捻，故传动比较小；故由纺丝麻转变成纺棉，务必要加以改造，否则，势必因牵引不及，而使棉纱旋捻过多而崩析。但我国在汉代便发明了浑天仪、记里鼓车和指南车，人们对传动比早有较深认识；所以，三国时期将丝麻纺车改造成棉纺车，还是可能的。棉纺车的发明，是此期纺车技术的一项重要成就。

在讨论此期纺车技术时，还牵涉到《新编古列女传》插图——“鲁寡陶婴”图的断代问题。《古列女传》原为汉刘向所撰，晋顾恺之曾为之作图，历代均有翻刻，但原图已经失传，今见最早刻本为南宋蔡骥编订，成于嘉定七年（1214 年），其插图系福建建安余氏模刻的，配图中描写了三锭式脚踏纺车的形象。此“三锭脚踏纺车”是否反映了晋代的史迹？依此，学术界便产生了两种不同观点。有人认为，这表明我国早在晋代便使用了三锭式脚踏纺车[34]。另一种意见则认为，《新编古列女传》系宋人编订，其主要思想虽出自汉晋，但宋人对其作一些局部调整、改动是完全可能的，无法证明它是原原本本地反映了晋代情况，而只能说其反映了宋代的情况[35][36]。看来两说都有一定道理，有待进一步研究。

三、织造技术和织物品种的发展

（一）织造技术的发展

此期的织造技术获得了长足进步，由于马钧对多综多蹑花织机的改革，织出了不少具有新风格的产品；斜织机、罗织机、立织机等在继续沿用的同时，都有一定的发展。

我国古代的多综多蹑机早在汉代就发展到了较高水平，当时社会上广为使用的是一种“五十综者五十蹑，六十综者六十蹑”的装置，因其操作较为麻烦，三国时期，马钧又对它作了一些改革。《三国志》卷二九“杜夔传”裴松之注引傅玄序云：马钧乃扶风人，巧思绝世，天下名巧也。其为博士居贫，乃思绫机之变，“旧绫机五十综者五十蹑，六十综者六十蹑，先生患其丧功费日，乃皆易以十二蹑，其奇文异变，因感而作者，犹自然之成型，阴阳之无穷”。由这段记载看，马钧改变了昔日综片数与踏杆数相等的状态，把控制开口用的脚踏杆从五六十根减少到了十二根，综片仍然保持原来的五六十片，即用十二根拉杆来控制五六十片综，这就大大地简化了操作[37]。

魏晋南北朝时，提花技术得到了较大的普及，这不但有众多考古实物为证，而且西晋杨泉《织机赋》等文献也在一定程度上反映了这一情况。赋云：“取彼椅梓，桢于修枝，名匠聘工，美手利器。心畅体通，肤合理同，规矩尽法。”“足闲踏蹑，手习槛匡；节奏相应，五声激扬。”这说的是织工和挽花工共同操作的情况。织工脚踏提综，起出了锦上地纹；用手打纬，并和挽花工按花纹提拉经线，一唱一和，密切配合。文中对织机材料、安装规格、提花操作等都作了细致的描写，若此花织机无较大程度的普及，辞赋家是很难描写得如此细致、形象生动的。

（二）织物品种的发展

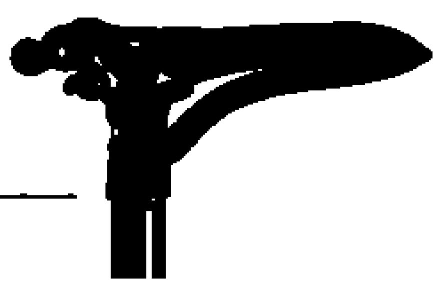
从组织结构上看，魏晋南北朝织物大体上沿袭了汉代的品种，个中自然也有一些发展和变化；此时人们还把起皱技术推广到了毛织品中。在织锦工艺中出现了纬显花。下面仅介绍一下绫、锦、织成的情况。

绫。是斜纹（或变形斜纹）地上起斜花的织物，它是在绮的基础上发展起来的，汉代已初露头角。《释名·释彩帛》在区分绮和绫时说:“绮，攲也；其文攲邪不顺经纬之纵横也。”“绫，凌也。其文望之如冰凌之理也。”汉前之绫在考古发掘中很少看到，汉代的散花绫可与刺绣媲美。三国马钧思绫机之变后，其纹饰向着复杂的动物和人物图纹方向发展，产量亦大幅度增加。北魏太武帝（424～451年）时，平城宫内曾有“婢使千余人织绫锦”，并有“丝绵布绢库”[38]。孝文帝（471～499年）时，罢尚方锦绣绫罗工，“以绫绢布百万匹……赐王公以下”[39]。足见官府绫等丝织产品数量之巨。又，《北史·毕众敬传》说:“众敬临还，献……仙人文绫一百匹”。《中华古今注》卷中“绯绫袍”载:“北齐贵臣多着黄文绫袍，百官士庶同服之。”可知花绫衣袍在北方已经使用较多。但绫的考古实物所见甚鲜。

锦。魏晋南北朝锦的品种较多，据晋陆翙《邺中记》云：石虎织锦署有“大登高、小登高、大明光、小明光、大博山、小博山、大茱萸、小茱萸、大交龙、小交龙、蒲桃文锦、斑文锦、凤凰朱雀锦、韬文锦、桃核文锦……工巧百数，不可尽名也”。南朝锦的产量也较大，《梁书》卷五六“侯景传”载，侯景据寿春，将反，“启求锦万匹，为军人袍”。这数量是不少的。魏晋时期，织锦的传统作风依然较浓，北朝之后就渗入了许多中亚异民族气息，如构图题材增加了许多中土所不熟悉的大象、骆驼、翼马、葡萄等图像；在构图方式上，中原传统的菱形纹、云气纹多为中亚的团窠形、双波形、多边形代替。这种锦在考古发掘中已有多件，1959年，吐鲁番阿斯塔那北区墓葬出土有北朝树纹锦，经纬密为112根/厘米×36根/厘米，用绛红、宝蓝、叶绿、淡黄、纯白五色丝线织出树纹。伴出物有高昌和平元年（551年）墓志[15][40][41]。1967年，同一地方高昌延昌七年（567年）墓出土有夔纹锦，平纹地，经显花；计有红、蓝、黄、绿、白五色；经线红、黄、蓝、绿四色分区排列配色，整个图案绚丽非常[15][41][42]。1964年，同地高昌延昌二十九年（589年）唐绍伯墓出土有牵驼纹“胡王”字锦，实物残片长度为19.5厘米×15厘米，经密48根/厘米，纬密32根/厘米（包括明暗纬）。在黄色地上以小型联珠环和正倒人牵驼，以及“胡王”两字组成主题纹饰（彩版柒，1）[14][15]。组织为斜纹重经的经线显花，地纹也是斜纹组织结构。虽墓葬年代属隋（581～618年），但其制作年代应在隋前。这就否定了过去人们认为隋唐以前锦的基本组织是平纹，或把经线斜纹显花作为平纹的一种变化组织的说法[42]。秦汉六朝的锦大体上是平纹组织为地，经线起花的；大约北朝后期就开始出现了纬显花。纬锦的出现可能与波斯锦，以及国内兄弟民族毛织技术都有一定关系[42][43]。

三国时期，还出现了把金丝用于织物的记载。《三国志·魏志》卷九“夏侯尚传”载:“今科制，自公列侯以下，位从大将军以上，皆得服绫、锦、罗、绮、纨、素、金银缕饰之物。自是以下，杂彩之服通于贱人。”这是把金银丝织入或绣入织物，并列为服饰等级的较早且较为明确的记载。

织成。又有“织绒”、“偏诸”等名。它是从锦分化出来，在经纬交织的基础上，另以彩纬挖花的实用装饰物。织法是：以平纹或斜纹作地组织，依花型或衣片的轮廓线，依据配色设计，用彩色丝线以平纹或斜纹挖花的方式织入。其始见于汉。《西京杂记》卷一说汉宣帝常以琥珀笥盛身毒国宝镜，“缄以戚里织成锦，



一（曰）斜纹锦”。《后汉书·舆服志下》说：“公侯九卿以下皆织成，陈留襄邑献之。”魏晋时，织成较多地使用起来。《玉台新咏》三载晋杨方《合欢》诗：“寝共织志被，絮用同功锦。”当时内地的织成锦工，已驰名塞外，芮芮（柔然）王曾向南朝求锦工。《南齐书·芮芮虏传》载：“芮芮王求医工等物，世祖诏报曰：知须医及织成锦工、指南车、漏刻，并非所爱。南方治疾与北土不同，织成锦工并（是）女人，不堪涉远。指南车、漏刻，此虽有其器工匠，久不复存，不副为误。”1964年阿斯塔那前凉（317～376年）末年墓出土的一双织成履，长22.5厘米，宽8厘米，高4～5厘米，用褐红、白、紫、黑、蓝、土黄、金黄、绿八色丝线依照履的形式，用“通经断纬”的方法织成，鞋面上织出有“富且昌宜侯天天延命长”10个汉字隶书铭文[14][15]。此即是汉晋文献中说到的“丝履”。

四、漂练和印染技术

魏晋南北朝纺织品的漂练、染色、印花技术大体上亦沿袭了前世的一些操作，但也有一些新的发展。

（一）漂练技术的发展

此期漂练技术的进步主要表现在五个方面：（1）使用了冬灰和荻灰，说明草木灰品种较前有了扩展。《本草纲目》卷七“冬灰”条引梁陶弘景云：冬灰，“即今浣布黄灰尔，烧诸蒿藜积聚炼作之，性亦烈；荻灰尤烈。”（2）为增加白度，使用了“白土”助白。王祯《农书》卷二一“纩絮·绵矩”条引后魏郦道元《水经注》云：“房子城西出白土，细滑如膏，可用濯绵，霜鲜雪耀，异于常绵。”从有关工艺调查来看，这种白土应属膨润土或高岭土类，内含硅铝化合物[44]。（3）对漂练用水有了一定认识。除前引谯周《益州志》说到过江水对蜀锦色泽的影响外，《水经注》卷三三“江水一”在谈到成都锦官城时，也有类似的说法：“言锦工织锦，则濯之江流，而锦至鲜明，濯以佗江，则锦色弱矣，遂命（名）之为锦里也”。这都说到了长江水是洗练织绵的最佳用水。（4）使用了绿豆漂白法。《齐民要术》“杂说第三十”说：“凡浣故帛，用灰汁则色黄而且脆。捣小豆为末，下绢簁，投汤水中以洗之，洁白而柔韧，胜皂荚矣。”（5）使用了酶练法。《齐民要术》“杂说第三十”又载：“漱生衣绢法：以水浸绢令没，一日数度回转之，六、七日，水微臭，然后拍出，柔韧洁白，大胜用灰。”显然，酶练是胜过普通灰练的。

（二）染色技术的发展

汉代的染色原料主要是茜草、朱砂（皆染红）、栀子（染黄）、靛蓝（染蓝）、荩草（用铜盐作媒染剂可得绿色）、皂斗、墨黑（皆染黑）等；使用直接浸染、媒染、还原染的方式着色，这些原料及其染色工艺此期皆继续使用。魏晋南北朝染色技术的进步主要表现在：（1）对靛蓝和红花的染色技术有了稍见详细的记载，认识上有了较大提高；（2）以铁作媒染剂的染皂技术上有了明确记载；（3）染红等原料有了扩展。

靛蓝染色技术先秦使用已广，汉后便逐渐成熟起来，魏晋南北朝出现了种蓝、制蓝和染色的详细记载。后魏《齐民要术》卷五“种蓝”条说：“刈（割）蓝倒竖于坑中，下水，以木石镇压，令没；热时一宿，冷时再宿；漉去荄，内汁于瓮中，率十石瓮，著石灰一斗五升。急抨之，一食顷止。澄清，泻去水。别作小坑，贮

蓝淀著坑中。候如强粥，还出瓮中盛之，蓝靛成矣。”在此最值得注意的有两点：一是“热时一宿，冷时再宿”，即热天浸泡一夜，冷天浸泡两夜；说明此时人们已打破了蓝草染色的季节性限制，这是制蓝技术的一大进步。二是“著石灰一斗五升”，目的是中和染浴，使染液发酵，在发酵中靛蓝被还原成靛白。靛白具有弱酸性，加入碱质可促进还原反应的迅速进行，靛白染色后，经空气氧化又可复变为鲜艳的靛蓝。这是蓝草制靛工艺的系统总结，也是世界上关于靛蓝技术和还原染技术的较早记载之一，此造靛和染色工艺，与现代合成靛蓝的染色机理是完全一致的[45]。

红花是一种红色染料，汉代便已种植和使用[46]，魏晋南北朝便推广开来，有关红花提取的记载亦始见于这一时期。后魏《齐民要术》卷五“种红花蓝花栀子”条曾记述过一种民间泡制红花染料的“杀花法”，说：“摘取即碓捣使熟，以水淘，布袋绞去黄汁，更捣，以粟饭浆，清而酸者淘之，又以布袋绞汁，即收取染红勿弃也。绞讫，著瓮器中，以布盖上，鸡鸣更捣令均于席上，摊而曝干，胜作饼”。这是我国古代关于制造红花染料较早且较为详细的记载，与现代染色学、红花素提取原理是完全一致的[45]。

铁应是我国使用较早的媒染剂，但今日所知，较早且较为明确的记载却始见于南北朝时期。《重修政和经史证类备用本草》卷四“铁精”引梁陶弘景云：“铁落是染皂铁浆。”此“染皂”显然是指媒染。因铁剂易于获得，这就极大地扩展了媒染剂的范围。此工艺在我国沿用了相当长一个时期，后世的不少文献都有记载。

苏枋染红的记载约始见于西晋时期。嵇含《南方草木状》卷中云：“苏材类槐花，黑子，出九真，南人以染绛，渍以大庾之水，则色愈深。”[32]此明确说到了苏枋染红。苏枋的色素为媒染性染料，对棉、毛、丝等纤维均能上染，经媒染剂染色后，具有良好的染色牢度。

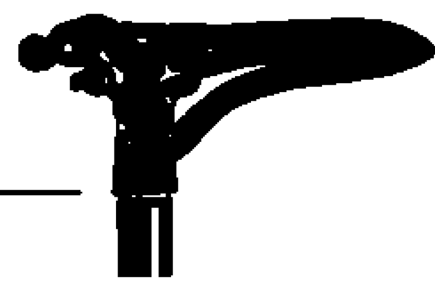
（三）染花技术的发展

魏晋南北朝时，印花、染花技术进一步推广开来，其中尤其值得注意的是染花技术中的夹缬、蜡缬和绞缬三种工艺。

夹缬。约发明于汉，但有关实物却是到了北朝才看到的。操作要点是：将织物夹于两块镂空型版之间，将之固定并绷紧，于镂空处涂刷或注入色浆后，解开型版，花纹即现。1959 年，新疆于田县屋于来克北朝遗址出土一块蓝白印花棉布，便使用了这一工艺[17][41][47]。此外还有一种防染性夹缬，工艺要点是：将织物绷紧，并夹于镂花夹板之间，镂空处涂以蜡，解去夹板，后染色、晾干；去蜡后花纹即现。吐鲁番阿斯塔那北朝末年墓出土有一种大红地白点纹缣，便使用了这一工艺[40]。

蜡缬。汉代已经相当成熟。南北朝时期，除印染棉织品外，还用到了毛织品上。1959 年屋于来克古城遗址出土蓝色蜡缬棉织品一件，残长 11 厘米、宽 7 厘米，并出土有北朝印花毛织品，其中一件长 19 厘米、宽 4 厘米[41][48]。

绞缬。“缬”是我国古代织物染花的一种常用工艺，此名最初主要指绞缬。唐玄应《一切经音义》卷十载：缬，“谓以丝缚缯，染之，解丝成文曰缬也”。元《古今韵会举要》卷二七云：“缬，系也，谓系缯染为文也。《广韵》：‘结也。’《增韵》：



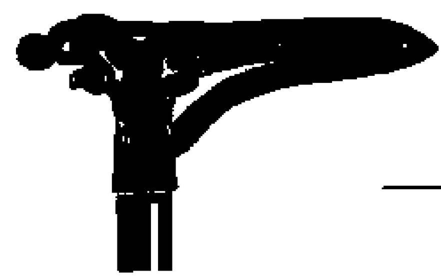
‘文缯’。”从有关研究来看，绞缬的具体操作约有两种：（1）以谷粒状物作垫衬物进行扎结，便可得到圆圈形或鱼子形花纹；若先扎成球状，后再在球上和球外进行扎结，则能得到各种奇丽的图案。由于植物纤维的毛细管效应，所得花纹带有艺术化的无级层次的色晕效果[47]。（2）将织物折成连皱，用针线穿过，然后将线捆紧钉牢，再染色，晾干后拆线，便可显现散点组成的花瓣形图案[40]。绞缬在东晋时期已相当成熟。新疆阿斯塔那古墓出土有建元二十年（384 年）绞缬绢，大红地上显出行行白点花纹[40]。1963 年，阿斯塔那建初十四年（418 年）韩氏墓出土有绞缬绢，绛地，白色方形花纹，平纹，经纬密为 52 根/厘米、45 根/厘米[14][15][48]。1979 年，阿斯塔那发掘了北凉承平十六年（458 年）彭氏墓，出土有红底白点绞缬绢 15 匹，蓝底白点绞缬绢 1 匹，这些绢都是小卷状下脚料[49]。1959 年于田县屋于来克古城遗址出土有北朝红色绞缬绢，长 32 厘米、宽 8 厘米[41]。南北朝后，绞缬的梅花型、鱼子型纹样便广泛地用到了妇人服饰上。此期缬类织物的生产和消费量都较大。《魏书》卷三二“封回传”：“荥阳郑云谄事长秋卿刘腾，货腾紫缬四百匹，得为安州刺史。”一匹为四丈，“货腾紫缬四百匹”，便是 1600 丈，这数量是不小的。

五、丝绸技术之外传

魏晋南北朝时，中外在丝绸和蚕桑技术上的交流是十分活跃的。早在公元前 6 世纪～前 5 世纪，中国的丝绸就传到了波斯帝国。最早把中国称之为“丝国（塞里斯 Seres）”，并把它介绍给西方的是希腊人克泰西亚斯（Ctesias），他约于公元前 5 世纪末生活在波斯，并曾在波斯王宫充当过御医。公元 1 世纪的罗马博物学家普里尼（GaiusPliniusSecundus，公元 23～79 年）在《自然史》一书中曾有一段关于丝绸的文字[50]。前云新疆出土了大量魏晋南北朝丝织品，这是我国丝绸西传过程中路过此地的重要证据。此时养蚕技术亦传到了西方。传说公元 550 年时，东罗马皇帝尤斯提尼阿奴斯决意创建缫丝业，当时有两位到过中国的波斯僧侣便将蚕卵藏于通心竹杖中，偷运出境，献给了东罗马皇帝，蚕丝业自此传入欧洲[51]。中国与日本的纺织品交流此时亦有了发展。《三国志》卷三〇“倭人传”载，景初二年（238 年）十二月，倭王特使赠魏王斑布二匹二丈等物，魏王回赠倭女王“绛地交龙锦五匹，绛地绉粟罽十张，茜绛五十匹”。又赐倭王“绀地句文锦三匹，细班（斑）华罽五张，白绢五十匹”。正始四年（243 年），倭王又遣使献给魏廷倭锦、绛青缣、绵衣、帛布等物。一般认为，丝织提花技术，以及型板印花技术都是此时传到日本去的。

第五节　机械技术的发展

魏晋南北朝时，我国机械技术有了不少发展：在原动力利用方面，水力机械不但沿袭了汉代的水碓、水排和浑天仪，而且还发明了水磨和水碾；在风力机械中，船帆技术有了很大提高，且发明了车帆。在传动机构方面，齿轮传动不但使用于记道车、指南车和浑天仪，而且用到了粮食加工等项生产上；连杆和绳索传动使用得更加巧妙和纯熟，马钧对绫机的改革就在很大程度上反映了人们这方面



的智慧。拨杆，这种把一个轴的连续运动转变为另一装置的间歇运动的机件，也使用得更为普遍，不但在水碓、水力天文仪、记里鼓车，而且在舂车上也有应用。床弩、独轮车技术都有了改进；为适应战争、生产、生活的多种需要，还发明了连续发石机、磨车、水车等实用性机械，以及飞车、百戏图等游艺性机械。机械技术显示出来的巨大生产潜力，引起了社会上的广泛注意：一方面涌现了诸如马钧、杜预、耿询、祖冲之等一批机械发明家，另一方面也产生了诸如韩暨那样尊重技术的一些官吏。下面依据各机械的功用，分类作一简单介绍。因绫机在纺织技术部分所述甚详，这里不再赘言。

一、农业机械技术的发展

（一）耕作机械的发展

这主要表现在双辕犁的推广上。我国早期耕犁一般都是直辕的，这情况大约一直延续到南北朝，及至唐代。如前所云：直辕又分单直辕和双直辕两种。单直辕一般较长，通常役使二牛，俗谓“二牛抬杠”；双直辕一般较短，一牛挽拉[1]。双直辕犁约始见于汉[2]，直到魏晋南北朝才推广开来，隋唐仍在使用。在当时这是一种较为先进的耕作方式。《晋书》卷一〇九“慕容皝载记”：皝曾下令“苑圃悉可罢之，以给百姓无田业者。贫者全无资产，不能自存，各赐牧牛一头。若私有余力，乐取官牛垦官田者，其依魏晋旧法”。此给无资产者牧牛一头以作耕种，是一牛挽双辕之证。山东滕县宏道院东汉牛耕画像石、敦煌唐代壁画[3]等，都显示过一牛挽双直辕的画面。

（二）整地机械的发展

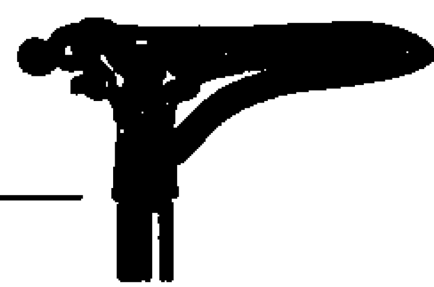
此期耕作机械技术较为重要的成就是旱地整理机械“劳”和水田整理机械“陆轴”，都有了较为明确的记载。

劳，又作“耢”，主要功能是碎土、平地，并可起到保墒的作用。贾思勰《齐民要术》卷一载：“春季多风，若不寻劳，地必虚燥。”还说：“犁欲廉，劳欲再。”此“廉”意即犁要窄小，破土才能深而细；劳欲再，说明了整地之重要。同卷又说：“春耕寻手劳，秋耕待白背劳。”“耕而不劳，不如作暴。”此后两句的意思是，若耕而不劳，不如什么也不做。关于劳的构造和操作，《齐民要术》未曾细说，元王祯《农书》卷一二“农器图谱·劳”条所述却较简明：“无齿耙也，但耙梃之间用条木编之，以摩田也，耕者随耕随劳……务使田平而土润，与耕颇异。耙有渠疏之义，劳有盖摩之功也。”同书卷二“耙劳篇”载：“凡治田之法，犁田既毕，则有耙劳。耙有渠疏之义，劳有盖磨之功。今人呼耙曰渠疏，劳曰盖磨，皆因其用以名之，所以散墢去芟，平土壤也。”此元代劳的形态和操作，对我们了解南北朝的情况还是很有帮助的。

陆轴，即后世之碌碡。实际上是一种绕轴（或谓端轴）转动，带稜而无齿的石滚。《齐民要术》卷二“水稻”条载：“稻无所缘，唯岁异为良。”栽种之时，“先放水十日，后曳陆轴十遍（原注：遍数唯多为良）”。这是关于水田整理机械较早且较为明确的记载。

（三）排灌机械的发展

此期排灌机械的主要成就是马钧制作了翻车。《三国志》卷二九“杜夔传”裴



松之注云:“马先生钧，天下服其巧矣。居京都，城内有坡可为圃，无水以灌之，乃作翻车；令童儿转之，而灌水自覆，更人更出，其巧百倍于常。”此“翻车”也记述得十分简单，如前所云，元王祯[4]、明徐光启[5]、今人刘仙洲[6]、陆敬严[7]皆认为后汉毕岚，以及此马钧所作“翻车”，皆系后世之龙骨车；李崇州却认为它们是两种不同的机械，并说毕岚“翻车”系辘轳汲水机，马钧“翻车”则是一种高转筒车[8]。我们认为：李崇州对马钧“翻车”的解释虽有一定道理，但未必确切，而诸家对毕岚“翻车”、马钧“翻车”的解释则仅是一种推测，皆未列出确切的文献依据。其实，此所谓的“翻车”，应是水力或人力推动的大水轮车，即普通筒车或高转筒车。我们的依据为：

（1）汉服虔《通俗文》云:“水碓曰翻车碓。”[9]显然，此推动水碓的“翻车”，决不是龙骨车，而是水轮、筒车，故服虔的原意是：水碓又叫筒车碓，或水碓即是水轮推动之碓。因大水轮既可引水灌溉，也可推动水碓，还可两者兼而有之。若将此“翻车”解释成龙骨车，服虔的话就成了“水碓又叫龙骨车碓”，这无论如何是讲不通的；因不管在古代文献中，还是传统技术中，皆未看到过既带动龙骨车，又带动水碓的水力机械。所以，汉至三国时期作为排灌机械的“翻车”，当即是筒车。服虔为汉代之人，其说当属可信。

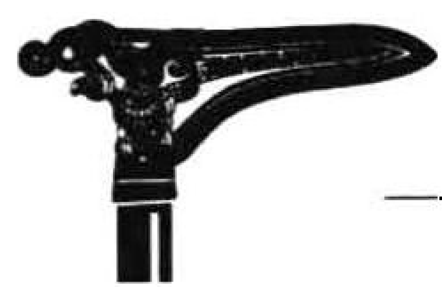
（2）不但汉代将“大水轮”或“水转筒车”称之为“翻车”，而且宋代，及至清代，民间依然是沿用这一称呼的。清屈大均《广东新语》卷一六“器语·水车”条云:“从化之北有流溪……水湍怒流，居民多以树木障水为水翻车。子瞻诗：‘水上有车车自翻。’水翻车，一名大䋤，车轮大三四丈，四周悉置竹筒。筒以吸水，水激轮转，自注槽中。高田可以尽溉，西宁亦然。每水车一辆，可供水碓十三四所。”显然，屈大均说的翻车即是水转筒车；此筒车同时兼具了引水灌溉和推动水碓两种功能。这种身兼两职的大水轮直到近现代仍可看到。“子瞻”，苏东坡字。显然，依屈大钧看来，苏东坡所说“水上有车车自翻”中的“车”也是筒车。此说当有一定道理，从苏东坡描写的形态和气势看，不像是龙骨车。可知宋人、清人，都是把筒车称之为翻车的。

依此，我们认为：毕岚“翻车”应是普通筒车，即水转筒车；因马钧“翻车”需“令童儿转之”，则可能是人力推动的高转筒车。依理，高转筒车当属于“链传送”范围。有关高转筒车的情况，元代部分再谈。元王祯、明徐光启、今刘仙洲、陆敬严等说毕岚、马钧的翻车皆为龙骨车，李崇州说毕岚翻车为辘轳，这些皆与汉服虔所云不符，与宋代、清代民俗亦不符。有关情况第七章还要谈到。

（四）粮食加工机械的发展

较为重要的有如下几种：

水碓。约发明于西汉，魏晋南北朝时，有关记载明显增加，使用地域也有了扩展，技术上亦有了提高。汉代关于水碓的记载只有少数几条，魏晋南北朝则有20条以上，据不完全统计，见于《晋书》的便至少有7条。东汉时期使用水碓的主要是雍州等地，魏晋南北朝则扩展到了洛阳，以及南北许多地方。《晋书》卷三三载：石崇有“水碓三十余区，苍头八百余人”。卷四一“魏舒传”载：魏舒少时“迟钝质朴，不为乡亲所重；从叔父吏部郎衡，有名当世；亦不之知，使守水碓”。卷四三



"王戎传"云：故吏"性好兴利，广收八方园田，水碓周遍天下，积实聚钱，不知纪极"。《全晋文》卷二八引王浑《表立水碓》云："洛阳百里内，旧不得作水碓，臣表上先帝听臣立碓，并挽得官地。"由此可见当时水碓广泛使用之一斑。

至迟晋代，还发明了几个碓共用一个转轴的连机碓。《太平御览》卷七六二"器物部七·碓"引东晋傅畅《晋诸公赞》云："征南杜预作连机水碓。"这是我国古代关于连机碓的最早记载。它的发明，大大提高了水碓功效。关于连机碓的具体构造，元王祯《农书》卷一九"农器图谱·利用门·机碓"曾有详细记述："今人造作水轮，轮轴长可数尺，列贯横木相交，如滚枪之制，水激轮转，则轴间横木，间打所排碓梢，一起一落舂之，即连机碓也。"（图4-5-1）前章所引《资治通鉴》胡三省"注"所述当也是一种连机碓。

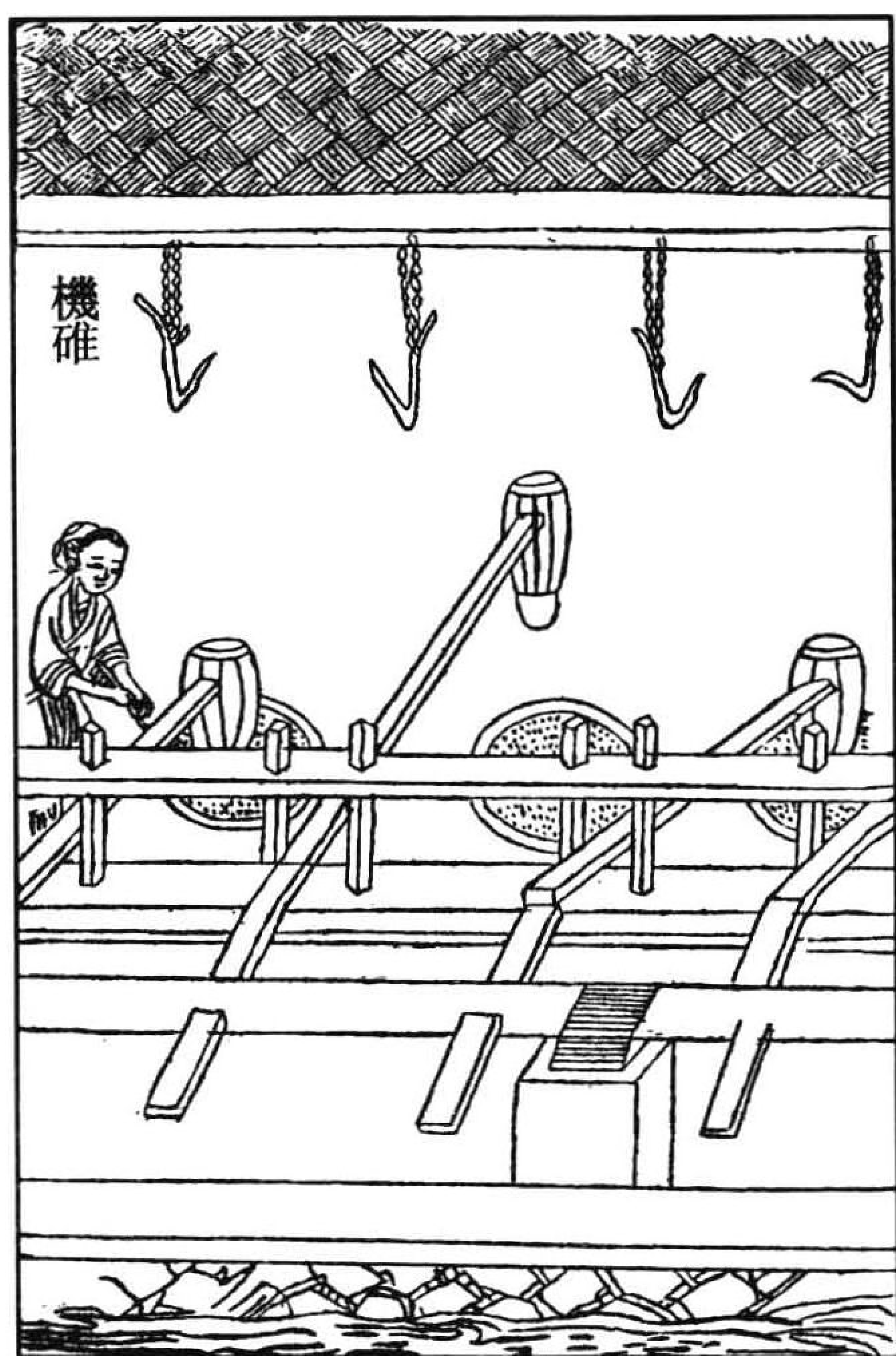
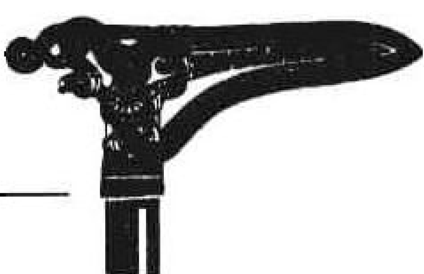


图4-5-1　元王祯《农书》所载连机碓

水碾、水磨。有关记载约始见于南朝时期。《南史》卷七二"祖冲之传"云：祖冲之"于乐游苑造水碓磨，武帝（483~493年）亲自临视"。此提到了水碓磨。《魏书》卷六六"崔亮传"云："亮在雍州读杜预传，见为八磨，嘉其有济时用，遂教民为碾。及为仆射，奏于张方桥东堰谷水造水碾磨数十区，其利十倍，国用便之。"此提到了水碾磨，时当公元500年前后。又，《北齐书》卷一八"高隆之传"云：高隆之于天平（534~535年）初"领营构大将军……又凿渠引漳水，周流城郭，造治碾硙，并有利于时"。此外，《洛阳伽蓝记》卷三"景明寺"也有类似记载。我国古代的圆形旋转磨始见于战国晚期，但磨齿结构却是在西晋至隋唐才成熟起来的。西晋之后的磨，其磨齿多分成八区，并呈斜线状排列[10]。

关于南北朝水磨、水碾的传动机构，今已很难了解。从元代王祯《农书》等所绘水磨图看，它约有两种类型：一是卧轮式，用水推动一个卧轮，在卧轮上连一立轴，在立轴上安装磨盘，通过立轴传动。一种是立轮式，由水力推动一个立轮，在立轮的横轴上装一齿轮，使之与磨的立足下部平装的一个齿轮相衔接（两轮的作用相当于一对圆锥齿轮），通过横轴、齿轮、立轴来传动。元王祯《农书》卷一九"农器图谱·利用门"详细说了这两种磨的结构，图4-5-2所示为其中的卧轮式水磨。水磨既可做成卧轮，也可做成立轮，前者宜用于冲动力较大处，后者则宜用于冲动力稍小，但水量稍大处。水碾的传动机构与水磨大体一致，元王祯《农书》卷一九"农器图谱·利用门"载："其下轮作卧轮或立轮，如水磨之法，轮轴上端，穿其碢榦，水激则碢随轮转循槽轹谷，疾若风雨。"（图4-5-3）



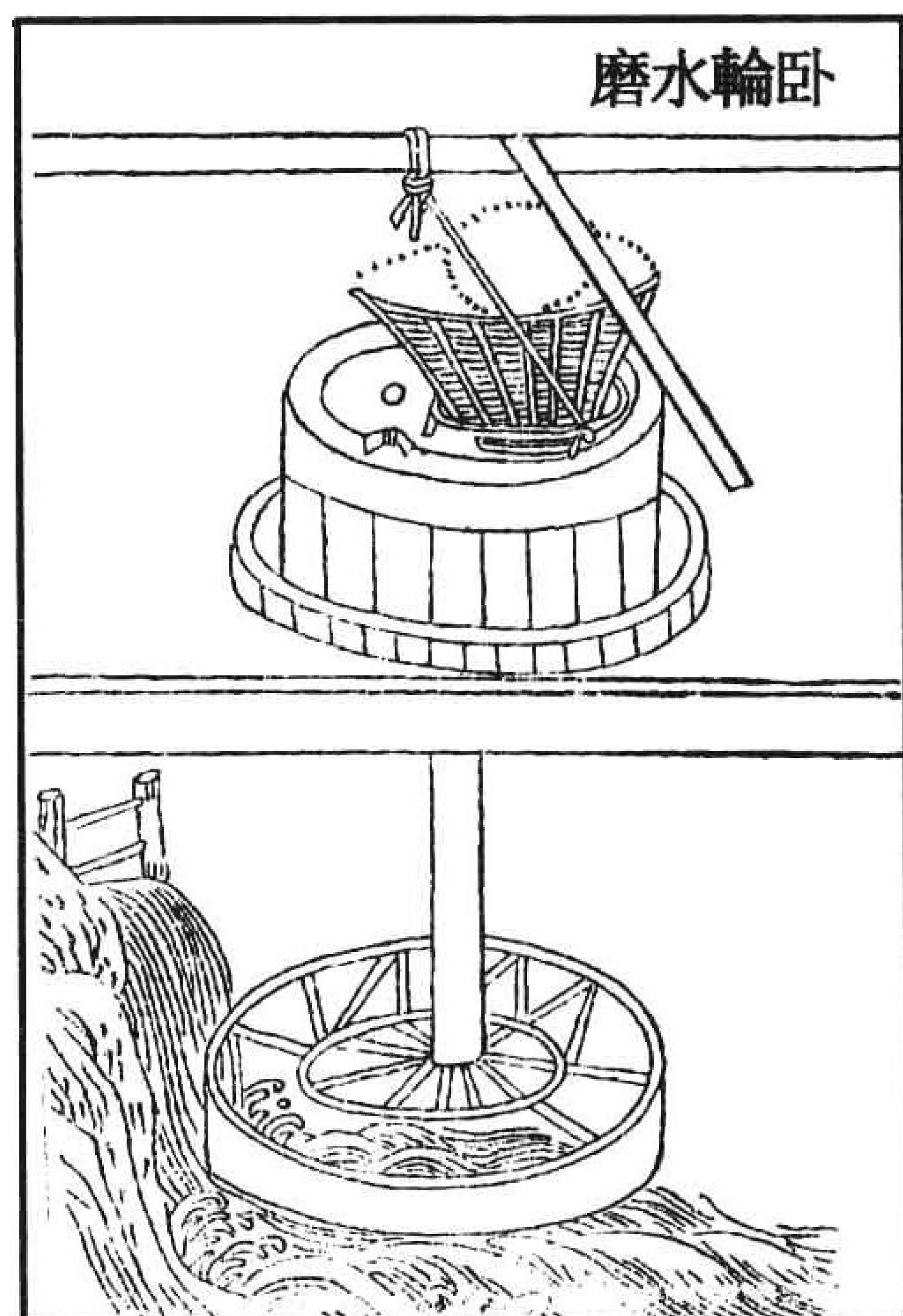


图4－5－2　元王祯《农书》所载卧轮式水磨

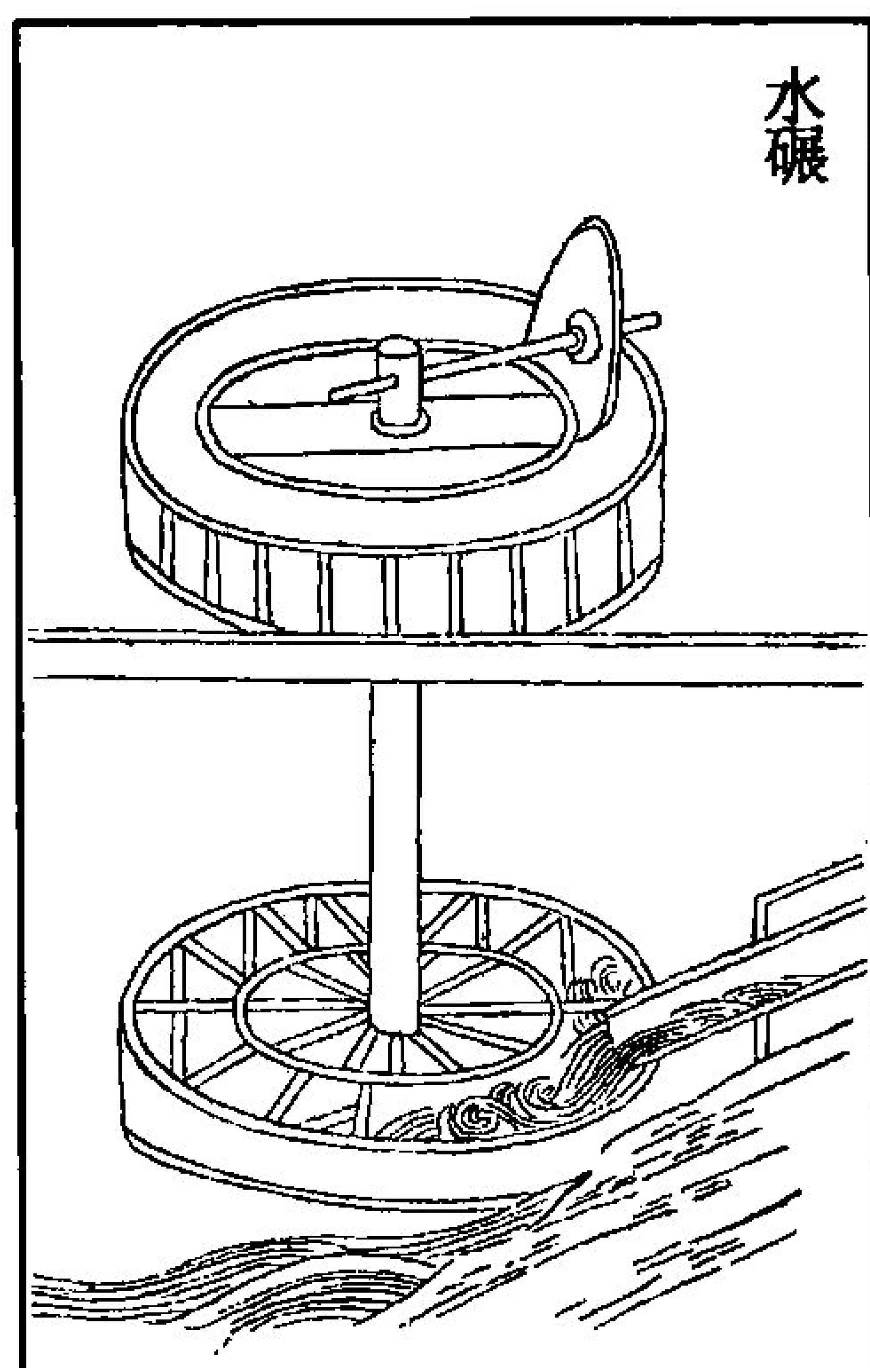


图4－5－3　元王祯《农书》所载卧轮式水碾

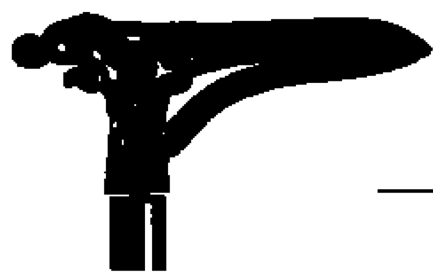
畜力八转连磨。这是以畜力推动，使八盘磨同时工作的机构。《太平御览》卷七六二引嵇含《八磨赋》云："外兄刘景宣作为磨，奇巧特异，策一牛之力，任转八磨之重。"由前引《崔亮传》推测，这八磨连转机构很可能是杜预创制的。

舂车和磨车。均系粮食加工用车辆。其通过几种机械传动装置，把车轮和车轴的旋转运动，转换成拨杆压杠，或摇柄推磨的运动，以达到舂米和磨面的目的。有关记载始见于东晋十六国时，陆翙《邺中记》云："（后赵）石虎（295～349年）有指南车及司里车，又有舂车木人，及作行碓于车上，车动则木人踏碓舂，行十里成米一斛。又有磨车，置石磨于车上，行十里辄磨麦一斛。"此舂车和磨车是否使用了齿轮传动，因文献记载不详，后世亦无类似的机械而难以推测，可以进一步研究。但舂车上使用了拨杆应是可以肯定的。

二、造车技术的发展

在汉代的基础上，魏晋南北朝的制车技术有了进一步发展，不但民间用车已较普及，而且技术上也有了许多提高，还出现了一些形制较新、较大的车辆。《晋书》卷一〇七"石季龙载记"云：永和三年（347年），石季龙"使尚书张群发近郡男女十六万，车十万乘，运土筑华林苑及长墙于邺北，广长数十里"。一次能在近郡发民车十万之众，可见当时民间用车量已经较大。同书卷一〇六云，石虎性好猎，"其後体重不能跨鞍，乃造猎车千乘，辕长三丈，高一丈八尺，置高一丈七尺格兽车四十乘，立三级行楼，二层于其上"①。《魏书》卷一〇八"礼志四"载，天子、太皇、太后、皇太后郊庙所乘"小楼辇辀八……架牛十二"。天子法驾行幸巡狩小祀所乘游观辇"架马十五匹"。可见此猎车、辇车规模都是不小的。又《梁书》卷五六"侯景传"谈到侯景曾"造诸攻具及飞楼撞车、登城车、登堞车、阶

① 若将"其後体重不能跨鞍"简化成"其后体重不能跨鞍"，句子的主体就由石虎变成石虎之妻了。



道车、火车，并高数丈，一车至二十轮”。“景又攻东城府，设百尺楼车，钩城堞尽落，城遂陷”。此车高“数丈”、“二十轮”，及至“百尺”，可见规模之大；看来此期所制之器都有规模增大的趋势。

魏晋南北朝制车技术上较值得注意的是：关于记里鼓车和指南车的记载更为明确，发明了“木牛流马”和帆车。记里鼓车和指南车都是礼仪用品，真正的实用车是木牛流马和帆车。

（一）记里鼓车

其发明于汉，魏晋时期有关记载明显增多，且更为明确。

《晋书》卷二五“舆服志上”云：“记里鼓车，驾四，形制如司南。其有木人执槌向鼓，行一里则打一槌。”这是我国古代文献中关于记里鼓车工作状况的最早记载。晋代之后，它就成了一种礼仪用车。

晋崔豹《古今注》：“记里鼓车，一名大章车。晋安帝（397~418年在位）时刘裕灭秦得之，有木人执槌向鼓，行一里打一槌。”

此外，《宋书》卷一八“礼志五”，《南齐书》卷一七“舆服志”，陆翙《邺中记》等都曾简略提及。《南齐书》还说其“机皆在内”。但这些记里鼓车究竟是谁人制作，则不得而知，正如《宋书》云：“记道车，未详其所由来，亦高祖定三秦所获。”

关于记里鼓车的具体结构是到了宋代才为岳珂《愧郯录》记述下来的，之后的《宋史》卷一四九“舆服志”也有记述。《宋史》谈到了两种设计方案，一为天圣五年（1027年）卢道隆所献，一为大观元年（1107年）吴德仁所献。实际上都是一种以齿轮传动为主的机械装置，车中装有可起减速作用的传动齿轮、拨杆（凸轮）、杠杆等机构，车行一里，车上木人因受拨杆（凸轮）牵动，由绳索拉起木人右臂而击鼓。1925年，张荫麟对宋代两种记里鼓车的造法都作了深入研究[11]。1937年，王振铎又依据卢、吴两家的设计对它进行了复原[12]，这些研究和复原都取得了很好的成绩。

（二）指南车

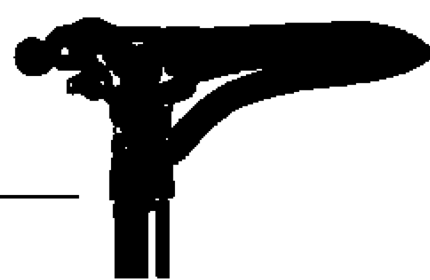
虽东汉张衡便已制作，但较为详细的记载却是魏晋之后才看到的。

《三国志》卷二九“杜夔传”裴松之（372~451年）注云：马钧与常侍高堂隆、骁骑将军秦朗在朝议时，对指南车发生了争论。高、秦二人认为古代没有指南车。马钧云：“古有之，未之思耳……虚争空言，不如试之，易效也。于是二子遂以白明帝，诏先生作之，而指南车成。”裴松之系南朝宋人，由其“注”可知，马钧制作了指南车是肯定的。稍后的《晋书》、《宋书》、《南齐书》都有关于指南车的记载。

《晋书》卷二五“舆服志上”说：“司南车一名指南车，驾四马，其下制如楼，三级。四角金龙衔羽葆。刻木为仙人，衣羽衣，立车上，车虽回运而手常南指。”

《宋书》卷一八“礼志五”说，马钧所作之指南车因晋乱而“复亡，石虎（295~349年）使解飞，姚兴使令狐生又造焉。安帝义熙十三年（417年），宋武帝平长安，始得此车”。

《南齐书》卷五二“祖冲之传”说：“姚兴指南车有外形而无机巧，使冲之追修



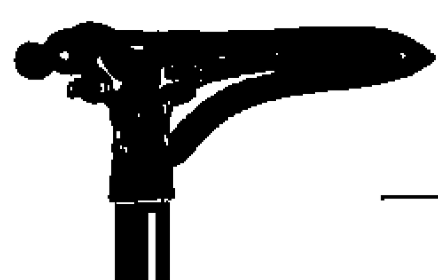
古法。冲之改造铜机，圆转不穷而司方如一。”使指南车的技术水平达到了前所未有的高度。

与记里鼓车同样，我国古代关于指南车具体结构的记载也是到了宋代才为岳珂《愧郯录》记述下来，之后的《宋史》在卷一四九“舆服志”中也有记载，文字基本一致，计有两种设计方案：一是天圣五年（1027 年）肃燕所献传统制法；二是大观元年吴德仁所献大型新车制。原理基本一致，都是一种以齿轮传动为主的机械，并使用了离合器。指南车是在我国古代独辕双轮车的基础上发展过来的，它的发明和使用，说明我国古代齿轮传动技术、离合器技术，都取得了较高的成就。

（三）木牛流马

它是依据蒲元的提议，由诸葛亮主持制作的特殊运输小车。《三国志》卷三五“诸葛亮传”云：“（建兴）九年（231 年），亮复出祁山，以木牛运……十二年春，亮悉大众由斜谷出，以流马运。”裴松之注引《诸葛亮集》云：“作木牛流马法曰：‘木牛者，方腹曲头，一脚四足。头入领中，舌著于腹，载多而行少，宜可大用，不可小使；特行者数十里，群行者二十里也。曲者为牛头，双者为牛脚，横者为牛领，转者为牛足，覆者为牛背，方者为牛腹，垂者为牛舌，曲者为牛肋，刻者为牛齿，立者为牛角，细者为牛鞅，摄者为牛鞦轴。牛仰双辕，人行六尺，牛行四步。载一岁粮，日行二十里，而人不大劳。”此对木牛的形态和尺寸作了不少描述，但很不具体，且经常使用一些比喻和隐语，使人不易读懂。《蒲元别传》也曾谈及此事，并说木牛流马原是蒲元创意的：“蒲元为诸葛公西曹掾，孔明欲北伐，患粮运难致，元牒与孔明曰：‘元等推意作一木牛，兼摄两环，人行六尺，牛行四步，人载一岁之粮也。’”[13]究竟木牛流马的具体构造和形态如何①，千百年来人们曾有许多不同看法。自宋代至今，其中比较流行的观点认为，它是适应于蜀道（或说今川北、陕西西南一带）运输的一种独轮车。《宋史》卷三〇九“杨允恭传”，宋高承《事物纪原》，今刘仙洲《中国古代农业机械发明史》等大体上均持这一观点。陈从周等近年又对此说作了进一步阐述，认为“木牛”（小车）基本构造是：独轮、四足，装置有一个简单的车架，架长约 4 汉尺，宽近于 3 汉尺，车架后面有两个推手；前面系绳可用人、畜拉曳。车架前方的上部安有一个牛头状装饰物。四足是前后各二足，分别用于车停在上坡和下坡路面时支撑车身，以防翻倒的。“流马”形制与此大体一致，但无前辕，且车身稍显细长[14]。李迪、冯立昇认为，木牛和流马是两种不同的独轮手推车；木牛轮子稍小，载重量较大，前面用人拉，后面用人推，行动如牛那样迟缓；流马轮子稍大，载重量较小，一人

① 《三国志》卷三五“诸葛亮传”，裴松之注引《诸葛亮集》云：“流马尺寸之数，肋长三尺五寸，广三寸，厚二寸二分，左右同。前轴杠孔分墨去头四寸，径中二寸。前脚孔分墨二寸，去前轴孔四寸五分，广一寸。前杠孔去前脚孔分墨二寸七分，孔长二寸，广一寸。后轴孔去前杠分墨一尺五分，大小与前同。后脚孔分墨去后轴孔三寸五分，大小与前同。后杠孔去后脚孔分墨二寸七分，后载剋去后杠孔分墨四寸五分。前杠长一尺八寸，广二寸，厚一寸五分。后杠与等板方囊二枚，厚八分，长二尺七寸，高一尺六寸五分，广一尺六寸，每枚受米二斛三斗。从上杠孔去肋下七寸，前后同。上杠孔去下杠孔分墨一尺三寸，孔长一寸五分，广七分，八孔同。前后四脚，广二寸，厚一寸五分，形制如象。靬长四寸，径面四寸三分，孔径中三脚杠，长二尺一寸，广一寸五分，厚一寸四分，同杠耳。”



推动，如马一样行动敏捷。木牛、流马之名，并非其外形如牛似马，而是指其性状，或说是负重量和敏捷程度来说的[15]。这些说法都有一定道理，其实“木牛”、“流马”之名称，在一定程度上是对这种独轮车的形容和赞誉；至于此二者性能的区别，则如裴松之“注”所云，木牛是“载多而行少，宜可大用，不可小使”的。我国古代独轮车约发明于西汉[16]，木牛流马应是在西汉独轮车的基础上，为适应蜀地运输而设计出来的，实际上也是对西汉独轮车的改进和发展。

（四）风帆车技术的发明和发展

我国古代关于风帆推车的记载始见于南北朝，梁元帝（552～555 年在位）肖绎《金楼子》卷六“杂记篇”云：“高苍梧叔能为风车，可载三十人，日行数百里。”[17]高苍梧叔，应指南朝宋后废帝（473～477 年在位）刘昱。此“风车”即以风为动力的风帆推车，而非风扇车；能“日行数百里”，速度是相当快的。这风帆车在我国一直沿用了下来，近现代在山东、安徽等地农村手推小车上还有加帆的，吉林冬季的冰床亦有加帆的例证。

三、航运机械之发展

魏晋南北朝时期的造船技术和航运技术都有了较大的发展，尤其南方，不管内河航运还是海上航运，都已具备了相当的规模和技术水平。《三国志》卷四七“孙权传”载，黄龙二年（230 年）春正月，遣将军卫温、诸葛直将甲士万人浮海到达夷洲（台湾）。嘉禾二年（233 年），吴国大夫张弥等统带万人渡海北上至辽东。《梁书》卷五四“海南诸国传”云：吴孙权遣使朱应、康泰通东南亚诸国，“所经及传闻则有百数十国”。这些大规模的海上活动，所需船舶的数量和规模都是较大的。《北齐书》卷三二“王琳传”载，梁大将王琳起兵反对朝中掌权的陈霸先，“每行，战舰以千数”。北方造船业亦已具备相当规模。《太平御览》卷七七〇引云：“魏文帝《沂淮赋》曰：建安十四年王师东征，泛舟万艘。”又《晋书》卷四二“王濬传”云：“武帝谋伐吴，诏濬修舟舰，濬乃作大船连舫，方百二十步，受二千余人，以木为城，起楼橹，开四出门，其上皆得驰马来往……舟棹之盛，自古未有。”《太平御览》卷七七〇“舟三·舰”载：“《义熙起居注》曰：卢循新作八槽舰九枚，起四层，高十余丈。”义熙（405～418 年），东晋安帝司马德宗年号。卢循，浙江农民起义首领。八槽，王冠倬认为很可能是水密舱之意，因汉代内河船便采用了横梁结构，只要安装竖板，便可分隔成舱[18]。此说是否成立，尚有待考古实物证实。因晋 1 尺约相当于今 0.24 米[19]，此“高十丈余”便在 24 米以上，这是较高的。后赵的船舶也具有相当规模。《太平御览》卷七六八引崔鸿《后赵录》曰：张弥师众一万，徙洛阳钟簴、九龙、翁仲、铜驰等物过黄河，“造万斛舟以渡之”。《梁书》卷六“敬帝纪”：梁朝的徐度与北齐作战，在合肥一次就“烧齐船三千艘”。《资治通鉴》宋元帝元嘉七年载：北魏神䴥三年，为准备与刘宋作战，一次就“诏冀、定、相三州造船三千艘”。双体船，即舫的制造技术此期也有一定发展，宋摹本顾恺之《洛神赋图》上见有东晋画舫形象，其有并列的船身，船上重楼高阁，纹饰华美。虽其行速较慢，但却较为平稳。

此期船舶技术上比较重要的成就有如下几个方面：

1. 至迟晋代，重板造船技术已发展到相当高的水平。《太平御览》卷七七〇



引晋周处《风土记》云："小曰舟，大曰船，温麻五会者，永宁县出，豫林合五板以为大船，因以五会为名。"此"五"有两层意思：一是"多"、"众多"；二是纵横交错。《说文解字》云：五，"阴阳在天地间交午也"。段注"午"云："一纵一横曰午。"故此"合五板"即纵横交错地重合多板之义。

关于重板技术的发明期，目前尚未在考古实物中找到确切的答案。从文献记载看，春秋船的规模已经较大，至迟战国便有了楼船，汉代楼船又有了进一步发展。若不用重板，只用单板，则不但备料较难，而且结构强度也会受到影响。故重板技术的发明期，很可能在晋代之前。

2. 出现了名叫"水车"的船舶。梁宗懔《荆楚岁时记》云："五月五日竞渡，俗为屈原投汨罗日，伤其死，故并命舟楫以拯之，轲舟取其轻利谓之飞凫，一自为水车，一自以为水马。"可见这"水车"、"水马"、"飞凫"都是以其轻快而得名的。既为船却又冠以"车"之名，很可能具有一种轮轴组合，我国自古便有将轮轴组合之器名之为"车"的习惯。《陈书》卷一三"徐世谱传"也提到过水车，云"谱乃别造楼船、拍舰、火舫、水车、以益军势。将战，又乘大舰居前，大败景军"（《南史》卷六七同）。

这种"水车"的发明年代约可上推到南齐时期，《南齐书》卷五二"祖冲之传"云："又造千里船，于新亭江试之，日行百余里。"一般认为，此"水车"、"千里船"，以及后世的所谓"车船"，皆属同一类型，其推进器已不再是间歇划动的长片桨，而是连续运动的轮形桨，否则是决不可能轻快如飞凫，日行百余里的，亦不会谓之"水车"和"车船"。轮桨的发明，是我国古代造船技术上的又一进步。欧洲大约是16世纪才使用车船的。

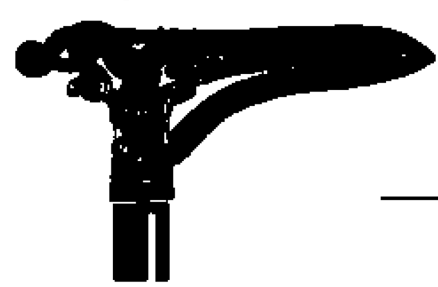
3. 梢的使用已经较广。梢也是控制航向的工具。其用整木制成，末端如刀形，长可达船长的70%，多用于急流航道上。大凡舵和梢都与桨有一定的关系，扩展桨叶面积，桨遂演变成了舵；加大柄的长度，桨遂演变成了梢。文献上关于梢的记载约始见于晋。《晋书》卷九四"夏统传"载：夏统，会稽永兴人，颇能随水戏，"操柂正橹，折旋中流"，"奋长梢而船直逝者三焉"。有关梢的早期实物目前尚无一致意见，前云长沙西汉木船模尾部的大长桨状物，有学者认为是舵，但也有学者认为它便是梢[20]。可以进一步研究。但由"夏统传"的记载来看，西汉用梢的可能性还是存在的，晋代便相当广泛。

4. 橹的使用亦更为广泛，有关记载明显增加。《三国志》卷五四"吕蒙传"云：吴将吕蒙与蜀将关羽战于浔阳（今九江），"尽伏其精兵䑸䑯中，使白衣摇橹，作商贾人服，昼夜兼行，至羽所置江边屯候，尽收缚之"。此"摇"字便很好地概括了橹的使用特点。

"柁"在此期已垂直固定于船尾，变成了真正的舵，而不再是艉后拖着的梢了。在今见古代文献中，《玉篇》是最早把"柁"称作"正船木"的。

四、天文仪器

魏晋南北朝曾多次制作过天文仪器，技术上也有不少进步。此期天文学上的



许多新发现都是与浑天象和浑象的使用分不开的①。有关资料在《晋书》卷一一、《宋书》卷二三、《隋书》卷一九的"天文志"等中都可看到。

据《隋书》卷一九"天文志·浑天仪"条载，吴国的陆绩、王蕃等都制作过天文仪器，"陆绩造浑象，形如鸟卵"。"王蕃云……浑天象者，以著天体，以布星辰。而浑象之法，地当在天中"。王蕃浑象，乃依张衡旧制而作，唯尺寸稍小。同卷"浑天象"条载:"吴时又有葛衡明达天官，能为机械巧，改作浑天，使地居于天中，以机动之，天动而地上（止），以上应晷度"。

《宋书》卷二三"天文志"载：南朝宋元嘉十三年（436 年），太史令钱乐之作铜浑仪，"上置立漏刻，以水转仪"。"十七年又作小浑天"。

《隋书》卷一九"天文志·浑天象"载：南朝梁也制作过浑象，"梁末，秘府有以木为之，其圆如丸，其大数围，南北两头有轴，徧体布二十八宿、三家星、黄赤二道及天汉等。别为横规环，以匡其外"。

北方一些政权对制作天文仪器也十分热心。《隋书》卷一九"天文志·浑天仪"载：前赵"光初六年（323 年），史官丞南阳孔挺所造，则古之浑仪之法者也"。北魏"道武天兴初（398 年），命太史令晁崇修浑仪，以观星象"。永兴四年（412 年）在晁崇主持下，铸成了我国历史上唯一的一台铁质浑仪；其底座上铸有"十"字形水槽，以便注水校准水平。这是一项重要的进步。这些浑天、浑象，因记述不详，对其具体结构很难了解，一般认为都是使用水力推动，以齿轮传动为主的。

五、其他机械和机件

较为重要的主要有下面几种：

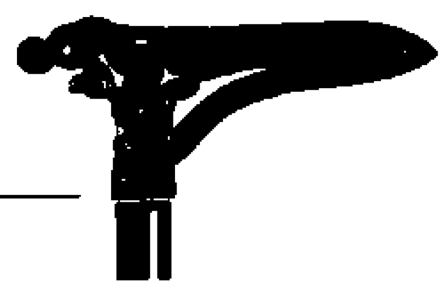
（一）绞车

订弩。发明于先秦。魏晋南北朝时期，关于绞车的记载更为明确。《晋书》卷一〇七"石季龙载记"云:"邯郸城西石子堈上有赵简子墓，至是季龙令发之。初得炭，深丈余；次得木板，厚一尺；积板厚八尺乃及泉。其水清冷非常，作绞车以牛皮囊汲之，月余而水不尽，不可发而止。"绞车在我国一直沿用了下来，在生产、交通、军事等方面都有使用。先秦、两汉，以及之后的一般床弩，大凡都是使用绞车张弓的。

（二）抛石机

抛石机至迟发明于春秋时期，魏晋南北朝时，技术上又有不少进步。主要表现在两个方面：（1）抛石机的机座装上了车轮，成了发石车。此技术的发明期当在东汉末年或稍前。《三国志·魏书·袁绍传》载：建安五年（200 年），曹操与袁绍战于官渡，"绍为高橹，起土山，射营中，营中皆蒙楯，众大惧，太祖（曹操）乃为发石车击绍，楼皆破，绍众号曰霹雳车"。《后汉书》卷一〇四上"袁绍传"所记大体一致，唐章怀太子注"霹雳车"云:"以其发石声震烈，呼为霹雳，

① 浑象、浑天象，都是表现天体运动的仪器。依三国吴中常侍王蕃的说法，凡地在天内的表演仪器便称之为浑天象；凡地在天外，象征性更强的表演仪器便称之为浑象。但直到宋代，此二者往往又是混用的（《隋书·天文志上·浑天仪》）。



即今之抛车也。”（2）马钧始创了连续发石机。《三国志》卷二九“杜夔传”裴松之注云：马钧“又患发石车，敌人之于楼边县（悬）湿牛皮，中之则堕，石不能连属（续）而至。欲作一轮，县（悬）大石数十，以机鼓轮为常，则以断县石飞，击敌城，使首尾电至。尝试以车轮悬甓数十，飞之数百步矣”。

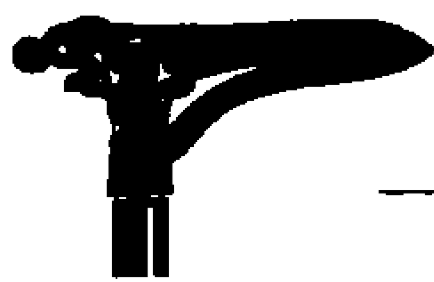
这种抛石装置始谓之“机”，或“车”，魏晋时期，又称之为“砲”或“礮”。曹叡《善哉行·我徂》载：“我徂我征，伐彼蛮虜……发砲若雷，吐气成雨。”这“砲”显然是指抛石。“礮”字始见于西晋潘安仁《闲居赋》：“礮石雷骇，激矢蛮飞。”唐李善注云：“礮石，今之抛石也。”[21]这是在今见文献中，较早用“砲”和“礮”来称呼抛石机的地方。但在字书中，礮字则始见于《玉篇》：礮，“雄姿石”。稍后的《钜宋广韵》则说：“礮，礮石，军战石也。”可见此“礮”，或者“砲”，实际上是指抛石机，及其投射出去的石球。

（三）床弩、连弩、伏弩技术的发展

床弩。发明于先秦[22]，南北朝时有了进一步发展，有关记载亦更为明确。因其以绞车张弓，故杀伤力超过了所有的人力蹶张弩。《北史》卷二八“源贺传”载，源贺曾“都督三道军，屯漠南……城置万人，给强弩十二床，武卫三百乘。弩一床给牛六头，武卫一乘给牛二头，多造马枪及诸器械”。此“弩”的单位以“床”计，且需六头牛作为张弓的动力，显然是一种强力床弩。时为北朝早期。这也是较早提到“床弩”之名的一个地方。南朝也有床弩，且还曾出土过。《南史》卷五五“杨公则传”载，齐末，杨公则攻建邺，“尝登楼望战，城中遥见麾盖，纵神功弩射之，矢贯胡床，左右皆失色”。此矢贯胡床的神功弩，当是一种床弩。1960年，南京秦淮河出土一件南朝时期的大型铜弩机，长39厘米、宽9.2厘米、通高30厘米[23]。若予以复原，弩臂之长当在2米以上，这种弩自当是床弩。到了唐代，有关记载更为明确，并出现了“绞车弩”之名。杜佑《通典·兵二》：“今有绞车弩，中七百步。”此“七百步”约合今1060米，即二市里有余，这射程是较远的。这与先秦“绞车连弩”、“连弩之车”的名称是基本一致的。

连弩。发明于先秦，此时使用更广，并出现了十矢俱发的“诸葛弩”。《三国志》卷三五“诸葛亮传”云：“亮性长于巧思，损益连弩，木牛流马，皆出其意。”裴松之注引《魏氏春秋》云：亮“又损益连弩，谓之元戎，以铁为矢，矢长八寸，一弩十矢俱发”。明代宋应星《天工开物》卷一五“佳兵”条也记载过一种“十矢弩”，亦谓之“诸葛弩”。其云：“又有诸葛弩，其上刻直槽，相承函十矢，其翼取最柔木为之。另安机木，随手板弦而上，发去一矢，槽中又落下一矢，则又扳木上弦而发。机巧虽工，然其力棉甚，所及二十余步而已。此民家妨窃具，非军国用。”明代的诸葛弩与三国的有何差异，今已不得而知，但这对我们了解连弩发射情况还是很有好处的。

伏弩。始见于先秦，一直沿用到了近现代。明代焦周《焦氏说楛》云：“近有发陆逊墓者，从箭射出。”陆逊，三国吴人，《三国志》卷八五有传。说明三国时也有人以伏弩护墓。唐段成式《酉阳杂俎》也载有一种护墓伏弩，说当时李藐有一庄客曾盗发一座古墓，“开时，箭出如雨，射杀数人”。后来“投石其中，每投，箭辄出，投十余石，箭不复发，因列炬而入”。可见所藏伏弩的箭是不少的。此



"古墓"年代不明，当在秦汉至六朝时期。

（四）飞车

这是一种利用空气动力来升托重物的游艺性机械，也是人们对惯性力的一种利用。其飞升原理应与今儿童玩具中的竹蜻蜓及飞机上的螺旋桨大体一致，竹蜻蜓两翼（或螺旋桨）在运动过程中，其上下两面的压差便会产生一种升力或推力。

有关飞车的记载始见于东晋时期，葛洪（281？～341年）《抱朴子·内篇》卷一五"杂应"云："或用枣心木为飞车，以牛革结环，剑以引其机……上升四十里"。这是关于飞车的全部文字，虽只寥寥数语，却大体阐明了它的结构特征。王振铎曾对此进行过许多研究，并成功地进行了模拟试验。文中的"枣心木"指枣木的心部，其硬度和强度较大，木质较为致密，吸水率较低。"车"系我国古代对轮轴机械之泛称，故"飞车"即是可以飞行的轮轴机械。"剑"在此应即是拉弓。据《晋书·舆服制》云，晋代的佩剑为木质，故作为拉弓之剑亦应是木质的，其工作过程应与传统舞钻上的钻弓相类似；不同处是，此飞车之"剑"只需一次拉转而已。王振铎认为，飞车下部当为一件直立的握把，把上立有小轴，并装一辘轳；小轴的顶部有两个机牙与飞轮毂上的槽孔相啮合，革带环结在辘轳上，革带的两端系在剑柄和剑锋上；从左至右拉紧革带，飞车即升。王振铎曾在故宫博物院作过试验，飞车不仅上升平稳，而且高度可抵午门的阙楼下詹[24]。

（五）纸鸱、纸鸢，即风筝

这是人们对于空气动力、风力的一种利用。有关记载始见于南北朝时期。

《北史》卷一九"彭城王勰传"记述了这样一个故事，高洋推翻东魏而自立为帝时，令魏皇室后裔拓跋黄头与囚犯们从高二十六丈的金凤台乘纸鸱跳下，以置之于死地，但黄头却乘纸鸱滑行了相当长一段距离，至紫陌殿始才坠下。原文是这样的："世哲从弟黄头，使与诸囚自金凤台各乘纸鸱以飞，黄头独能至紫陌乃坠。"这是我国古代关于纸风筝的较早记载。

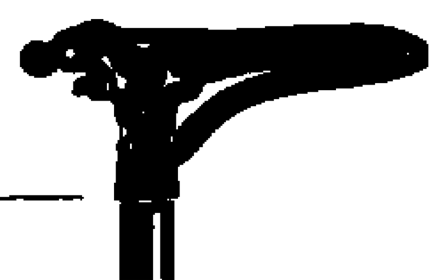
又，《独异志》载："梁武[帝]太清三年（549年），侯景围台城，远不通问。简文作纸鸢飞空，告急于外。侯景谋臣王伟谓景曰：'此纸鸢所至，即以事达外。'令左右善射者射之。及坠，皆化为鸟。"[25]"简文"即肖纲，梁武帝子，即位后称简文帝。这是风筝用于军事的较早记载。此事在《资治通鉴》卷一六二亦有记载。

（六）游艺性自动机械

此期发明并使用过的自动机械较多，前云记里鼓车、水力天文仪等都设有类似的装置。今主要介绍其中几种游艺性、且较为重要的几种。

百戏图。这是马钧改造的游艺性机械。《三国志》卷二九"杜夔传"裴松之注云："有上百戏者，能设而不能动也。帝以问先生（按：指马钧）可动否？对曰：'可动。'帝曰：'其巧可益否？'对曰：'可益。'受诏作之。以大木雕构，使其形若轮，平地施之，潜以水发焉，设为歌乐舞象。至令木人击鼓吹箫，作山岳，使木人跳丸、掷剑、缘倒立，出入自在。百官行署，舂磨斗鸡，变巧百端。"

妇人当户再拜机和鼠市机。汤球《晋阳秋辑本》："衡阳区纯者，甚有巧思。造作木室，作一妇人居其中。人扣其户，妇人开户而出，当户再拜。还入户内，闭户。又作鼠市于中，四方丈余，开有四门，门中有一木人，纵四五鼠于中，欲出



门，木人辄以椎椎之（一作辄推木掩之），门门如此，鼠不得出。"《搜神后记》、《太平广记》亦有衡阳区纯作鼠市的类似记载。

檀车。陆翙《邺中记》云："石虎性好佞佛，众巧奢靡，不可纪也。尝作檀车，广丈余，长二丈，四轮，作金佛像坐于车上，九龙吐水灌之。又作木道人，恒以手摩佛心腹之间。又十余木道人，长二尺余，皆披袈裟绕佛前（一作行）。当佛前，辄揖礼佛。又以手撮香投炉中，与人无异。车行则木人行，龙吐水，车止则止。亦解飞所造也。"

七宝镜台。《太平御览》卷七一七引《三国典略》云："胡太后（北齐，550～577年）使沙门灵昭造七宝镜台，合有三十六户，每室别有一妇人，手得执鏁。才下一关，三十六户一时自闭；若抽此关，诸门皆启，妇人各出户前。""鏁"同锁。《太平广记》卷二二五引《皇览》、俞安期《唐类函》卷二七二略同。

木马。《南史》卷五"东昏侯本纪"："（东昏侯）始欲骑马，未习其事，俞灵韵为作木马，人在其中，行动进退，随意所习，其后遂为善骑。"

木人。《陈书》卷二八"长沙王叔坚传"："刻木为偶人，衣以道士之服，施机关，能拜跪。"

此外还有一些，不再一一引述。其中多属游艺性机械。关于这些机械的具体构造，今已湮没难寻。从上文来看，其原动力应有水力，如百戏图等；有畜力，如檀车等；大凡百戏图、檀车等都使用了齿轮传动，否则，其动作决不可能如此合契。

（七）欹器

约发明于西周时期，魏晋南北朝后有关记载便多了起来，且西晋杜预，南朝祖冲之，西魏文帝元宝炬（535～550年在位）等都曾制作过欹器。这是古人对重心法则及倾定中心原理的一种应用。

《晋书》卷三四"杜预传"："周庙欹器，至汉东京犹在御座。汉末丧乱不复存，形制复绝。预创意造成，奏上之，帝甚嘉叹焉。"《南史》卷七二"祖冲之传"载，"永明中，竟陵王子良好古，冲之造欹器献之，与周庙不异。"由于记载较为简单，杜、祖二人所造欹器形制今已很难了解。

《周书》卷三八"薛憕传"谈到过一种"仙人欹器"和"水芝欹器"。其中说"大统四年（538年），宣光、清徽殿初成，憕为之颂。魏文帝又造二欹器：一为二仙人共持一钵，同处一盘；钵盖有山，山有香气。一仙人又持金瓶以临器上；以水灌山，则出于瓶而注乎器；烟气通发山中，谓之仙人欹器。一为二荷同处一盘，相去盈尺，中有莲，下垂器。上以水注荷则出于莲而盈乎器，为凫、雁、蟾蜍以饰之。谓之水芝欹器。二盘共处一床，钵圆而床方。中有人，言三才之象也。皆置清徽殿前。器形似觥而方，满则平，溢则倾。各为作颂。"（《太平广记》卷二二五"水芝欹器"条略同）这里对欹器的外部形态作了许多描述，原理应是一致的。但文中说"满则平，溢则倾"，与孔子所云"中则正，满则倾"有别，不知是否刊误。若"满则平"，那是起不到教育作用的。

第六节　造纸技术之推广

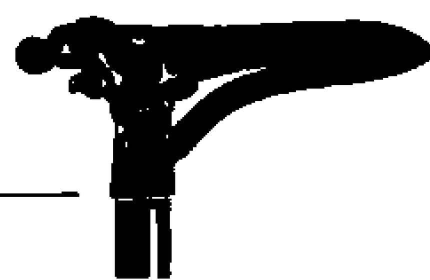
我国古代造纸技术发明于汉，魏晋南北朝便逐渐在全国范围推广开来，纸的产量和质量也逐渐有了提高，社会上对纸和书籍的需要量激增，最后完成了由简到纸的转变。纸的发明和发展对科学文化的传播和发展起到了难以估量的作用。此期造纸技术的主要成就是：纸的原料和品种有了较大扩展，生产过程中的一系列物理、化学处理进行得更加精细和完善，发明了活动帘床抄纸器，以及向纸施胶等技术，纸的使用性能得到了很大改善，生产了一批品质优良的纸，并在此基础上出现了我国第一代用纸写字的书法家。

一、社会用纸的普及

从现有资料看，汉代的书写材料主要是简，其次是缣帛，纸尚处于辅助性阶段，大约三国依然如此。目前在考古发掘中看到的汉纸，除了甘肃汉悬泉置遗址所出数量稍多外，一般都是较少的。三国时期，考古发掘的纸也为数不多，大家较为熟悉的是前云楼兰古纸，其纪年为公元 252 年[1]。两晋南北朝时，情况就发生了很大变化，有关纸的实物资料和文献资料多得再也难以统计。当时国家还专门设立了专管纸业的机构。《文房四谱·纸谱》引《丹阳记》云：“江宁县东十五里有纸官署，齐高帝于此造纸之所也。常造凝光纸赐王僧虔（一云银光纸也）。”这是关于造纸职官的较早记载。除了书写、绘画外，生活用纸也大量增加，出现了纸伞、人物剪纸、纸花和卫生纸等。此期书写用纸的实物中，最值得注意的是两个方面：一是敦煌石室写经纸，二是新疆出土的一批又一批古纸。

（一）敦煌石室写经纸

这是指原保存在敦煌石窟内的大量佛经写本。石室始凿于东晋（317～420年），之后延及唐宋。十分令人心痛的是自 20 世纪初起，它就遭到了外强一连串的洗劫。1902～1904 年间，日本人大谷光瑞，及其弟子橘瑞超，曾窃去佛经 400 多卷。1907 年，斯坦因（M. A. Stein）受英属印度政府之命，以“考古”为名，第一次潜入我国敦煌，掠去 24 箱写本，以及 5 箱画绣品和美术品；1914 年，他再次窜到敦煌，又掠去 5 大箱 600 多卷佛经。两次窃去的经卷皆藏于不列颠博物馆，总数当不下 7000 卷；掠去的敦煌壁画画幡之类，则绝大部分藏于新德里中亚细亚古代文物博物馆。1907 年，法国人伯希和（PanlPelliot）掠去佛经 1500 多卷（一说 3000 多卷），并从北京运回了巴黎。1909 年，此事惊动清廷，之后才将劫余的 6000 多卷解运至北京。1929 年，陈垣编《敦煌劫余录》，计为 8679 卷，其中 99% 都是佛经[2]。据不完全统计，今为各地收藏的经卷总数约达 25000 卷[3]。今日所见年代最早的敦煌写经纸为吴末帝孙皓建衡二年（270 年）的《太上玄元道德经》纸，其次为现藏于日本的西晋元康六年（296 年）《诸佛要集经》纸[4]。但敦煌经书的年代多属东晋十六国时期至北宋。石室所藏写本，除佛经外还有许多我国迄今罕见的经、史、子、集写本和公私文书、契约等。除大量汉文资料外，还有不少我国境内许多少数民族以及南亚、欧洲民族的文字资料，可见内容之丰富和用纸量之巨。



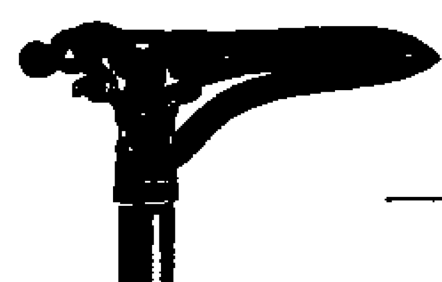
（二）新疆出土的古纸

早在20世纪初，新疆就出土过一些古纸，20世纪50年代末至70年代中期，考古工作者在吐鲁番县阿斯塔那、哈拉和卓两地先后作了13次发掘，出土各种文书达2700多件；但其中只有少部分纸样，如“衣物疏”、“功德录”、告身及部分契约等，是以完整的形式直接入葬的，而大部分纸样都是剪裁成了死者穿戴的鞋靴、冠帽、腰带、枕褥等服饰入葬的，因而残缺不全。不少文书都有纪年字样，年代最早的为西晋泰始九年（273年），最晚为唐大历十三年（778年）。在2700多件文书中，属十六国时期的100多件，属割据高昌王朝的700多件[5]。许多文书记述的都是日常生活琐事，如1975年吐鲁番出土的《北凉玄始十一年（422年）马受条呈为出酒事》文书，实际上是供应军队用酒的记账单，其中有“十一月四日出酒三斗赐屠儿”等字样[6]。说明当时日常用纸已较普遍。其中尤其是那些纪年文书的出土，对我们了解当时造纸技术的发展提供了十分可靠的资料。

（三）从文献记载看社会用纸的普及

两晋南北朝官方和民间用纸都已十分的普遍，而且数量较大。晋人虞预《请秘府纸表》说：“秘府有布纸三万余枚。”[7]此“布纸”当指麻布做成的纸，或“有布纹的纸”。秘府藏纸量达3万余枚，数量是不少的。《唐语林》载：“王右军（王羲之）为会稽谢公乞笺纸，库中唯有九万余枚，悉与之。”[8]枚，古代常用计量单位，与“件”、“个”相当；往往使用于小件或心爱之物，但有时又不尽然①；隋唐以前，文人学士们常用作纸的计量。库中藏纸量达9万多枚，充分说明了造纸业之发展。大凡西晋到东晋前期，官方文书仍是纸、简并用的；东晋末年之后，竹简才被大量削减下来，有的统治者甚至作出了奏议一律用纸，而不得用简的规定。《桓玄伪事》载：东晋豪族桓玄（369～404年）在废晋安帝，自立为皇之后，曾下诏说：“古无纸，故用简，非主于敬也。今诸用简者，皆以黄纸代之。”[9]在考古发掘中，东晋以后的简牍已经很少看到。此时各种书籍用纸量急剧增加，并出现了许多抄本。《隋书·经籍志》序云：魏秘书监荀勖所编官府藏书目录《新簿》中，收集的四部图书达29945卷；南朝宋元嘉八年（431年）秘书监谢灵运造四部目录，所藏图书64582卷。此时私人藏书量亦大为增加，因雕版印刷尚未发明和推广，故出现了不少孤灯抄书的感人事例。《南齐书》卷五四“沈骥士传”载，沈骥士“守操终老，笃学不倦，遭火烧书数千卷，士年过八十，耳目犹聪明，以（已）火，故抄写灯下，细书复成二三千卷，满数十箧”。《梁书》卷四九“袁峻传”载，袁峻“笃志好学，家贫无书，每从人假借必皆抄写，自课日五十纸，纸数不登则不休息”。人们在考古发掘中看到的大量此期文书，以及石室写经，都是一字一字地抄在纸上的。作为书写和绘画，纸的优越性自非简、帛可以相媲美，我国的第一代书法家，如王羲之（303～361年）便是晋代出现的。文人学士们还创作了不少诗赋，对纸进行了许多热情的颂扬。如《全晋文》卷五一载西晋傅咸（239～294年）《纸赋》云：“夫其为物，厥美可珍；廉方有则，体洁性真。含章蕴藻，实

① 以“枚”作计量单位之事，先秦汉后都可看到。《墨子·备城门》：“枪二十枚。”《史记》卷一二九“货殖列传”：“木器髤者千枚。”曹操《内诫令》：“往岁作百辟刀五枚。”



好斯文；取彼之弊，以为此新。揽之则舒，舍之则卷；可伸可屈，能幽能显。"[10]"洛阳纸贵"的故事也是这一时期出现的。《晋书》卷九二"左思传"载，左思(250？~305年？)作《三都赋》，十年乃成，最初不为世人重视，及至皇甫谧为之作序，张载、刘逵为之作注，张华誉之为"班（固）张（衡）之流"，于是，"豪贵之家竞相传写，洛阳为之纸贵"。这说明了两晋时期民间用纸已较普遍。此时，私人著书修史之风甚盛，且出现了不少长篇巨著，如晋《博物志》、《华阳国志》、北魏《洛阳伽蓝记》、《水经注》、后魏《齐民要术》等都是此期出现的。据王嘉《拾遗记》卷九说，张华撰《博物志》成，凡400卷，奏于晋武帝；帝诏云：此书"记事采言，亦多浮妄。宜更删翦"。于是"分为十卷"，一并赐纸万番。这些私人长篇巨篇的出现，显然与造纸技术的发展是分不开的。大约南北朝时，社会用简就十分稀少了。

（四）多种生活用纸的出现

此期的纸类生活用品，除上述提到的入葬用鞋靴、冠帽、腰带、枕褥等外，较值得注意的还有纸风筝、纸伞、纸花等。纸风筝在本章机械部分已经提及，今简述一下其他两项。

纸伞。始于北魏时期。陈元龙《格致镜原》(1735年)卷三一条引《玉屑》云："前代士[大]夫皆乘车而有盖，至元魏（北魏）之时，魏人以竹碎分，并[以]油纸造成伞，便于步行、骑马，伞自此始。"[11]可见，油纸及其以之制成的伞至迟始于北魏时期，此纸涂油，自然是为防水。

纸花。即用各种色纸经折叠、剪切、揉搓而成的装饰性花束。《太平御览》卷六〇五引晋人孙放《西寺铭》："长沙西寺层构倾颓，谋欲建立。某日有童子持纸花插地，故寺东西相去十余丈，于是建刹，正当[插]花处。"

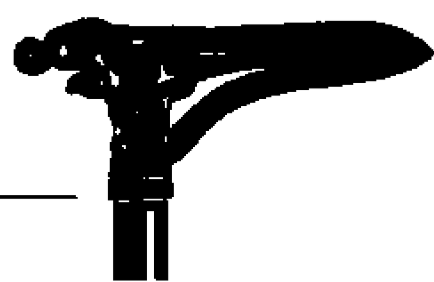
（五）造纸中心的出现

随着造纸技术的发展，南北都出现了一些造纸中心，较负盛名的是"河北"、"胶东"两地。南朝徐陵(507~583年)《玉台新咏》"序"载："丽以金箱，装之宝轴，三台妙迹，龙伸蠖屈之书。五色华笺，河北、胶东之纸。"[12]

二、造纸原料的扩大

汉代造纸原料主要是麻和树皮，其中的"麻"包括新采下的，以及用旧了的麻类织物、编织物等，树皮主要是楮皮。魏晋南北朝时，一方面继续沿用旧有的原料，此外还增加了桑皮，并创造了藤皮纸和"侧理"纸。

麻纸。麻类纤维依然是此期的主要原料，有关麻纸的实物和文献记载都不少。潘吉星曾分析过4件敦煌写经纸，即北凉神玺三年（399年）《贤劫千佛品经第十》、西凉建初十二年（416年）《律藏初分第三》、北魏太安四年（458年）《戒缘下卷》、北魏延昌二年（513年）《大方广佛华严经第八》[3]；又分析过7件新疆出土的古纸，即哈拉和卓前凉建兴三十六年（348年。前凉曾奉西晋建兴年号）文书残件、阿斯塔那前凉升平十四年（370年）文书、西凉建初十四年（418年）文书残件、西凉建初残纸片、北凉缘和六年(438年)《衣物疏》、吐鲁番晋写本《三国志·孙权传》、西凉建初十四年纸鞋[13]；还分析了故宫博物院保存的西晋陆机(261~305年)《平复帖》；全都是麻质的[14]。20世纪初，奥地利人威斯纳也曾对



新疆、甘肃敦煌等地所出晋、南北朝古纸作过分析，多数是以大麻和苎麻制成的。在今人分析过的近百件魏晋南北朝古纸中，90%以上都是麻质。北宋米芾《书史》云："王羲之《来戏帖》，黄麻纸，字法清润。"[15]米芾《十纸说》："六合（今扬州附近）纸，自晋已用，乃蔡侯渔网遗制也。网，麻也。"这都说明了当时麻类纤维纸广泛使用的情况。

皮纸。文献上关于皮纸的记载始见于《后汉书·蔡伦传》。魏晋南北朝时，皮纸有了较大发展，其种类计有楮皮纸、桑皮纸、藤皮纸等①，也有将树皮纤维与麻纤维混合使用的。

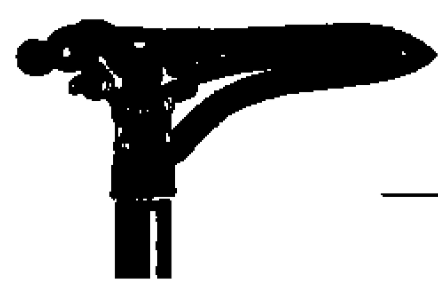
楮皮纸始见于东汉。前引《董巴记》云：东京有蔡侯纸，"用故麻名麻纸，木皮名榖纸。"楮皮纸主要使用于南方；南北朝时，大约北方亦有不少使用。三国吴陆玑《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》卷上"其下维榖"条载："榖，幽州人谓之榖桑，或曰楮桑，荆扬交广谓之榖，中州人谓之楮。殷中宗时，桑榖共生是也。今江南人绩其皮以为布，又捣以为纸，谓之榖皮纸，长数丈，洁白光辉。"[16]南朝梁陶弘景《名医别录》说："楮，此即今构树也，南人呼榖纸亦为楮纸，武陵人作榖皮衣，甚坚好尔。"[17]这说的都是南方。后魏农学家贾思勰在《齐民要术》卷五专门介绍了楮的种植技术后说：其"煮剥卖皮者虽劳而利大。自能造纸，其利又多"。说明黄河中下游也使用了楮皮造纸。大英博物馆所藏斯坦因窃去的60种中国古纸中，多属公元4～10世纪，其原料多为楮或苎麻。

桑皮纸在科学分析和文献记载中都可看到。今见较早的桑皮纸实物有威斯纳分析的新疆罗布淖尔所出魏晋公文纸等，除桑皮外其中还掺入了破布。此外有学者认为，敦煌千佛洞土地庙出土的北魏兴安三年（454年）《大悲如来告疏》用纸，阿斯塔那高昌建昌四年（558年）墓出土的《孝经》（一卷）补缝用纸，皆系树皮纸，这类树皮大凡多是楮皮、桑皮[14]。

文献上大家较为熟悉的桑皮纸即所谓"桑根纸"。北宋苏易简（958～996年）《文房四谱》卷四云："雷孔璋曾孙穆之，犹有张华与祖书，乃桑根纸也。"此即"桑根纸"一辞的由来。但对此"根"字的真切含义，学术界一直都是存在不同看法的。有人认为是笔误，因造纸是常用枝茎之皮的，根皮不可用来造纸，但也有人认为根即是干，根皮即是干皮，自可造纸。这可进一步研究。

藤皮纸。至迟创始于晋，并首盛于今浙江省嵊县南曹娥江上游的剡溪附近，故史又谓之剡藤纸。张华《博物志》云："剡溪藤，可造纸。"[18]说明"藤皮纸"在西晋便已出现。又据《北堂书钞》卷一〇四、《初学记》卷二一所引，东晋范宁（339～401年）在浙江做地方官时，曾规定："土纸不可以作文书，皆令用藤角纸"。有人认为，此"角"是"榖（楮）"之转音，"藤角纸"即"藤榖纸"。由"皆令用藤角纸"可知，当时藤皮纸质量已经较高。众所周知，在常用造纸原料中，麻类纤维的长宽比是最大的，纤维素含量最高，桑皮纤维的物理化学性能在诸皮类纤维中也是较好的，所以剡藤纸能取代这些旧有且较好的麻纸、桑皮纸作

① 皮纸，是"树皮纸"的简称。虽麻纤维、藤纤维亦取于皮部，大体亦属"皮"的范围，但在行业习惯中，皆置于一般"皮纸"之外。



为文书用纸，说明它在范宁之前就走过了一段相当长的发展历程。

藤皮纸盛于晋，延及于唐，名噪一时。因其原料来源有限，产地较窄，产量不高，宋后即被竹纸淘汰。潘吉星分析过数十件新疆古纸[13]，藤皮纸皆未曾一见。

侧理纸。这是因原料之差异而制作出来，具有特殊风格的艺术加工纸。有关记载始见于后秦王嘉《拾遗记》卷九，说西晋张华《博物志》成，晋武帝赐张华"侧理纸万番，此乃南越所献。后人言陟厘，与侧理相混。南人以海苔为纸，其理纵横邪侧，因以为名"①。此"越"同粤，指两广一带。秦朝末年，赵佗自立为南越武王；1983年，广州象岗山发掘了第二代南越王赵眛的墓葬[19]。今以广东为粤，浙江为越。因文献记载过于简单，长时期来，人们对其制作工艺是不太了解的，并产生过一些不同的意见。潘吉星依据自己的试验，认为海苔制造不出一般实用纸张来，虽一种沙草科苔类植物可以造纸，但它非海苔；他又以麻料、树皮、竹料制成纸浆，再掺入少量鲜水苔，制成的纸与《拾遗记》等书所云纹样基本一致；依此他认为，侧理纸的基本原料仍然是一般麻类或韧皮类纤维，而非海苔，海苔仅仅是作为一种填充料、添加料而使用的。基本操作是：在捞纸前向纸浆中加入少量的有色纤维状物，如绿色的水苔，紫色的发菜等，之后再打槽捞纸。这样生产出来的纸就会呈现出一种纵横交织的有色纹理[20]。陈大川的观点亦与此相近，认为此海苔是一种胶剂、悬浮剂，而不是造纸的主体纤维原料[21]。

关于草纸。我国古代草纸始于何时，学术界尚无一致意见。有说始于南朝，主要依据是前引范宁曾作过"土纸"，而今俗谓草纸为"土纸"。但多数人不同意此说，认为范宁"土纸"是当地所产，加工较为粗糙的麻纸或桑皮纸。在今见文献中，以麦秆、稻草造纸之事是唐宋时期才看到的。

关于竹纸。我国竹纸发明于何时，学术界也无一致意见。有说其发明于晋，并认为其最早出现于东晋的会稽，主要依据是赵希鹄《洞天清禄集·古翰墨真迹辨》所云："若二王（羲之，献之）真迹，多是会稽竖纹竹纸。盖东晋南渡后，难得北纸，又右军父子多在会稽，故也。其纸止高一尺许，而长尺有半，盖晋人所用大率如此。验之，《兰亭帖》押缝可见"。今世学者有从此说者，认为当时会稽已生产了竹纸[22]，但也有怀疑者[14]。怀疑的理由是后人所见的所谓"二王真迹"，往往是唐宋摹本、赝品。其实，宋赵希鹄亦有过类似的说法，其《洞天清录·古翰墨真迹辨》又云："今世所有二王真迹，或有硬黄纸，皆唐人仿书，非真迹也"。明代项元汴《蕉窗九录》也有相类的说法："今秘府所藏二王书皆唐人临仿，纸皆硬黄。"看来，宋人所见竹纸二王"真迹"是否可信，东晋是否有了竹纸，目前还是不能肯定的。

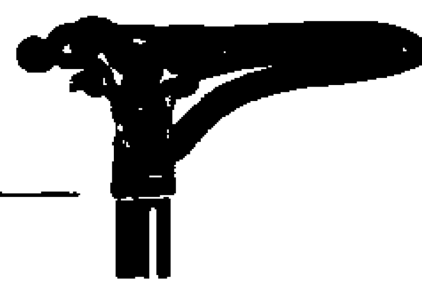
所以，由现有资料看，魏晋南北朝造纸原料主要是麻、树皮和藤皮三种，草纸和竹纸尚不能肯定。

三、抄造技术的进步

此期纸加工技术的进步至少表现在三个方面：一是常规操作进行得更为精细，

---

① 引自"古小说丛刊"本，中华书局，1981年。《太平御览》卷六〇五"文部·纸"大体相同。"四库"本《拾遗记》并未提到赐侧里纸为万番、亦未说"南越所献"，只说"南人以海苔为纸"。



二是使用了活动帘床抄纸器，三是使用了向纸施胶、表面涂布粉料和染色的技术。

（一）纸浆处理技术的进步

由古纸的比较研究可知，两晋南北朝的造纸技术获得了十分明显的进步：其表面平滑，白度增加；结构较为紧密，纸质较细较薄；纤维束较少，帚化程度较高，有的晋纸帚化程度达70%；有明显的帘纹。今日所见此期古纸，并不乏品质优良、色泽宜人之作。如吐鲁番出土的晋抄本《三国志·孙权传》用纸，便是优良的上等加工纸（粉笺），其质细薄，表面光洁，颜色白净；纤维帚化程度很高，且交织紧密，纤维束较少；为高粘状纸浆[14]。又如敦煌石室写经中的北魏太安四年（458年）《戒缘下卷》用纸，表面平滑、白度较高、纤维细长、交结均匀、筋头较少。又如敦煌石室写经北魏延昌二年（513年）《大方广佛华严经卷第八》用纸，其质甚薄，表面研光，纤维曾充分打浆。当然，与稍后的唐纸相比较，两晋南北朝纸的质量还不是太稳定的，多数质量还不是太高，常混有不曾打散的纤维束，这在敦煌石室写经和新疆古纸中都表现得比较明显。如吐鲁番西凉建初十四年（418年）纸鞋，纸质较厚，纤维分散不佳，杂质未曾除尽。阿斯塔那升平“十四年（370年）文书”纸，厚薄不均，纤维束很多，纤维交结不够紧密。此期的纸在制作过程中，一般都进行了碱处理；其纸样的染色反应一般都较明显，如前引石室写经西凉建初十二年“律藏初分第三”纸样，北魏延昌二年“大方广佛华严经卷第八”纸样等，对碘氯化锌溶液皆呈酒红色反应[23]。碱性处理对于分散纤维束、去除杂质，都具有十分重要的意义。总之，两晋南北朝的造纸工艺，从沤制脱胶、碱液蒸煮、舂捣、漂浸，到打浆、捞纸等一系列工序，比汉代都有了进步。有学者推测，当时很可能已采用了践碓来代替杵臼舂碓，其舂捣和洗涤都不止进行一次，否则是难得使纤维打得那样细小，洗得那样干净的。此说当有一定道理，但可惜无文字和实物的可靠依据。

（二）活动帘床抄纸器的发明和使用

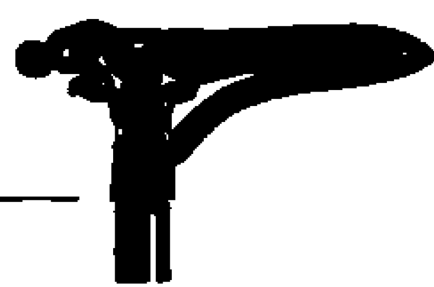
关于汉代抄纸工艺的记载很少，除《说文解字》的一段简单解释外，他处很少看到。文献上关于抄纸技术的记载大体是到了晋至南朝时期才看到的。《世说新语》载:“戴安道就范宣学所为，范宣读书亦读书，范宣抄纸亦抄纸。”[24]此书为南朝宋刘义庆撰，梁刘孝标注。范宣为东晋学者。有学者认为，这是我国古代文献中，最早明确地提到抄纸的地方。

从新疆出土的古纸和敦煌石室写经纸的考察情况看，晋代的抄纸器约有两种类型：一是布纹模，二是帘纹模。帘纹模又包括草帘和竹帘两种。布纹模产生年代较早，我国早期的纸多数都是采用此类模抄造的，新疆所出“前凉建兴三十六年（348年）文书残件”，“西凉建初十四年（418年）纸鞋”，都使用了布纹模。其中西凉建初十四年纸鞋用纸的模具网目为110孔/平方厘米。前引《通俗文》有过“方絮曰纸”的话[25]，依此人们推测，当时的抄纸器应是一种固定的正方形或长方形筛状物，早期的模底当呈经纬线交织；为了贮存纸浆，其上应有一个高约1厘米的凸缘。其实，纸模的形状和尺寸是可视需要和操作情况而定的。由于网筛状纸模的影响，这种纸的一面通常都印有网筛状织帘纹，或称为“布纹”。这种抄纸器在我国一直沿用了下来，近现代还在一些边境地区使用。它的缺点是：湿纸

需晾干后才能揭下，故生产率较低。今日所见汉代帘纹纸较少，有关实物多数是属于晋代及其之后的，如前云吐鲁番所出晋《三国志·孙权传》抄本纸，阿斯塔那所出“西凉建初十四年文书残件”纸和同一地方所出西凉建初纪年残纸片，以及“北凉缘禾六年（438 年）衣物疏”用纸等。但由汉许慎所云“纸，絮一筥”可知，此筥从竹，故我们不能排除竹帘模产生于汉的可能性。在敦煌石室写经纸中，晋代之后的纸大多数都具有竹帘纹。早期（即晋、十六国、南北朝）帘纹一般较粗，五代亦多较粗，隋唐时期才变得较细起来[23]。这种竹帘纹纸的出现，很可能与使用活动帘床抄纸器有关。

从传统工艺调查来看，帘纹纸的抄造器应包括三个部分：一是帘子，由较细且圆的竹条或其他植物茎杆编成，它可随意舒曲卷叠；二是帘床，是为支承帘子用的阶梯状框架，木质；三是边柱，用来把帘子固定在帘床上，亦系木质。此三部分可随意折合。抄纸时，先置帘于床上，左右两方用边柱压紧、固定。将纸模倾斜地插入纸浆中，纸浆随即流入帘面；提出帘床，滤去水分，帘面上就会得到一层薄薄的湿纸膜；拆下边柱，取出帘子，并将纸膜翻扣在一个平板上。如是者反复进行，活动帘床不断地捞纸，湿纸膜不断地被翻扣到平板上；纸膜层层相叠，以至于千百层。将湿纸粗压一次，挤出一些水分后，在半干状态便可将纸逐层揭下，刷于墙上晾干。这种活动纸模的优点是：只用一套模具就可抄出千万张纸来，从而降低了设备的成本，亦提高了生产率。一般而言，南方竹多，床帘多以竹制，北方竹少，床帘多以芨芨草或萱草茎杆编成。在古纸中，有的帘纹疏密度为 9 ~ 15 根/厘米，当系竹帘所成；有的为 5 ~ 7 根/厘米，当是竹帘或草帘所成[20]。因草帘较粗，抄纸时滤水速度较快，故往往纸质不够紧密均匀，为克服这一缺点，常把纸抄得较厚，宋赵希鹄《洞天清禄集·古翰墨真迹辨》称“其质松而厚”即是此意。竹帘较为细密，滤水速度适中，故能抄出薄且匀的纸来。当然，北纸也有许多是洁白细薄的，纸之粗细不仅与帘之粗细有关，而且与造纸过程中的许多工序都有一定的关系。从古纸考察情况看，南纸、北纸的帘纹横竖情况，以及帘的结构都是大体一致的，宋赵希鹄《洞天清禄集·古翰墨真迹辨》说：“北纸用横帘造，纸纹必横……南纸用竖帘，纹必竖。”这大约是赵希鹄看到的情况，未必尽是如此。此期帘纹纸的尺寸，据潘吉星测定为：两晋时期的甲种纸（小纸）直高 23.5 ~ 24.0 厘米，横长 40.7 ~ 44.5 厘米；乙种纸（大纸）直高 26 ~ 27 厘米，横长 42 ~ 52 厘米。南北朝的甲种纸（小纸）直高 24.0 ~ 24.5 厘米，横长 36.3 ~ 55.0 厘米；乙种纸（大纸）直高 25.5 ~ 26.5 厘米，横长 54.7 ~ 55.0 厘米[20]。这些纸虽然多数经过了剪裁，但大体上保留了原有纸幅的尺寸。北宋苏易简《文房四谱》卷四说：“晋令诸作纸，大纸[广]一尺三分，长一尺八分，听参作广一尺四寸。小纸广九寸五分，长一尺四寸。”若依晋后尺，一尺为今 24.532 厘米折算[26]，苏易简所云晋大纸尺寸为：广 25.27 厘米，长 26.49 厘米；小纸为：广 23.31 厘米，长 34.34 厘米；与上述实测数有的相差稍大。可见两晋南北朝纸一般都是长方形的，不管“小纸”还是大纸，幅度都不太大，这种抄纸器便可一人操作，如后世那样的大幅宽纸当时很少看到。

活动帘床抄纸器的发明和发展，极大地提高了纸的产量和质量，对造纸技术



的发展起到了十分重要的作用。我国造纸技术外传后，它亦随之在全世界广为流传。公元十八、十九世纪欧洲出现的长网和圆网造纸机，就是在这活动帘床抄纸器的结构原理上发明出来的。

（三）施胶技术的发明和发展

古纸的结构一般都十分疏松，纤维间充满了无数孔隙和通道，下笔书写时往往会走墨渲染。为改善纸的书写效果，人们采取了一系列补救措施：最初是用光滑的细石将纸面研光，以堵塞部分毛细管和纤维间隙；后来又发明了施胶术，以增加纸的强度和对液体渗透的阻抗力。汉刘熙《释名·释书契》:"纸，砥也，谓平滑如砥石也。"不管幡纸、丝絮纸、麻絮纸，都需要砥平的。平滑如砥石才便于书写。

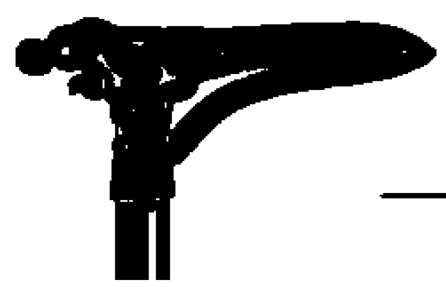
从有关研究看，施胶术应始见于东晋，最早的施胶剂是浆糊，后来还使用过其他物质。1973 年，有学者在检查后秦白雀元年(384 年)衣物券用纸时，发现其表面施了一层淀粉糊剂，且曾以细石研光过。西凉建初十一年(415 年)契约纸也有淀粉处理过的痕迹。施胶法有多种操作：有表面施胶，也有内部施胶。表面施胶时，通常只在正面进行，背面不作任何处理。此法的优点是操作简便，效果明显；缺点是淀粉层易于隆起，以致脱落下来。内部施胶实例稍少，今见较早的标本有：国家图书馆(原称北京图书馆)藏西凉建初十二年(416 年)石室写经《律藏初分第三》纸，其纸浆纤维间含有淀粉糊状物。新疆出土的建初十四年(418 年)文书纸，也是施了淀粉糊的[20]。有学者分析过浙江图书馆藏北朝手抄本《大智度论经》，其系鸠摩罗什(344～413 年)所译，原料全为苎麻，纸面有淀粉和白色矿物涂料，曾经研光。纸背面的纤维为本色，未经漂白，纸质粗糙；正面的白度、平滑度、紧密度都较高，且发墨性较好，书写流畅[27]。内部施胶的基本操作是将胶剂添加到纸浆中搅匀，但也有学者对此工艺的存在提出过异议，认为手抄纸中使用淀粉浆后，湿纸难于揭开，这还有待进一步试验。

向纸施胶也是我国古代纸加工技术的一项重要成就。因淀粉高分子中具有极性羟基，故能与纸纤维素分子的极性羟基产生氢键缔合，这就提高了纸的强度，增强了它不透水的能力，直到清代，它仍在我国许多地区沿用。据考察，明清时代的许多满、蒙、维、藏文抄本，表面上都有一层淀粉糊。此技术发明于我国，后来也随造纸术一起传到了世界各地。

（四）表面涂布技术的发明和发展

表面涂布是古纸表面处理的又一重要措施。操作要点是在纸的表面涂布一些白色的矿物粉。目前所见较早的实物有新疆前凉建兴三十六年（348 年）文书残件，以及东晋写本《三国志·孙权传》[13]；年代稍后的还有前秦建元二十年（384 年）文书，正面也涂了白粉，背面未作处理。本世纪初，威斯纳（A. F. R. Hoernle）在分析新疆所出南北朝纸时，发现其表面亦涂有一层石膏粉末。这些都是我国，也是全世界最早的涂布纸。自然，此技术的发明期有可能在南北朝之前。

从现代技术原理推测，涂布用的白色粉料主要是石膏，此外可能还有白垩、滑石粉、石灰等物。做法是先将这些物料碾细，并制成悬浮液，再将之与淀粉共煮，经充分混合后，用排笔涂于纸上，再经干燥和研光。这样，纸的白度、致密



度、平滑度、吸水性都会得到提高，透光度则明显降低下来。如东晋写本《三国志·孙权传》纸，今日所见仍然是颜色洁白，字迹古朴俊秀，墨黑而有光，犹如新作一般。

（五）染色装潢技术的发展

最早的纸大体呈现不太纯净的白色，之后才发明了染色技术。从现有资料看，此技术约发明于东汉时期，刘熙《释名》云：潢，“染纸也”①。西晋时期便盛行起来，东晋后又有了一些发展。染色的目的主要有二：一是增加美感，二是杀虫防蛀。当时品种主要有黄纸、青纸和其他色纸。

当时在民间和官方使用较多的大约是黄纸。前云恒玄登位后诏告臣僚以黄纸上表，便是使用黄纸的例证。《太平御览》卷六〇五引崔鸿《前燕录》云：“慕容儁三年（354 年）广义将军岷山公黄纸上表。”可见这把黄纸当作了官府用纸。从有关记载看，此染黄之法计分两种，即先写后染和先染后写。西晋陆云（262～303 年）《陆士龙集》卷八“与兄平原（陆机）书”云：“前集兄文为二十卷，适讫一十，当黄之，书不工，纸又恶，恨不精。”此说的便是先写后潢。《晋书·刘卞传》云：刘卞到洛阳入太学，吏“令写黄纸一鹿车。卞曰：刘卞非为人写黄纸者也”。这是说先潢了而后再写的。在今见古纸中，敦煌石室写经纸便多是这种先潢而后写者。

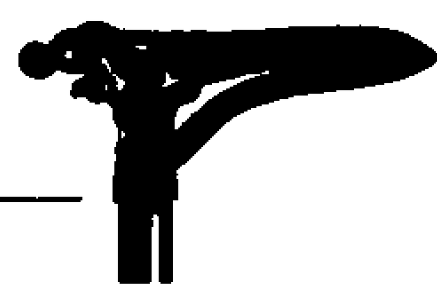
染黄所用染料看来主要是黄柏等。前引东汉炼丹家魏伯阳《周易参同契》云：“若蘖染为黄兮，似蓝成绿组。”[28]此“蘖”即黄蘖、黄柏，乔木，其干皮呈黄色，气微香，皮内含有一种生物碱，可作染料用，亦可杀虫。

染黄操作又谓之潢。《玉篇》：“潢，汙也。《说文》曰，‘积水池也。’又胡旷切，染潢也。”对于此潢的具体操作，后魏贾思勰《齐民要术》第三十“杂说”曾有明确记载：“凡潢纸，灭白便是，不宜太深；深色年久色暗也……蘖熟后漉滓捣而煮之，布囊压讫，复捣煮之。凡三捣三煮，添和纯汁者，其省四倍，又弥明净。写书经夏，然后入潢，缝不绽解。其新写者，须以熨斗缝缝熨而潢之。不尔，入则零落矣。”这说的是先写后潢。

染青也是当时使用较多的一种工艺。《晋书》卷五九“楚隐王玮传”载：“玮临死，出其怀中青纸诏，流涕以示监刑尚书刘颂曰：‘受诏而行，谓为社稷；今更为罪，托体先帝，受枉若此，幸见申列。’”此说以青纸写诏书。《北史》卷七二“牛弘传”载：“永嘉（307～313 年）之后，寇窃競兴，春建国立家虽传名号，宪章礼乐寂灭无闻，刘裕平姚，收其图籍五经子史才四千卷，皆赤轴青纸，文字古拙。”宋王楙《野客丛谈》载：“诏，晋时多用青纸，见楚王伦太子遹等传，故刘禹锡诗曰‘优诏发青纸’。”[29]可见，当时的诏书和经史子类图书皆以青纸。

其他诸色纸亦已广为使用。《梁简文帝啟》载：“谨奉红笺二十幅。”[30]这是说染红笺。《太平御览》卷六〇五“文部·纸”引《桓玄伪事》云：“玄令平准作青、赤、缥、绿、桃花纸。”又引晋陆翙《邺中记》曰：“石季龙与皇后在观上为诏书，五色纸著凤口中。凤既衔诏，侍人放数百大绯绳，辘轳回转，凤凰飞下，谓之凤

① 宋程大昌《演繁露》卷六“潢匠”：“秘书省有装潢匠，《广韵》引《释名》云：染纸也。”



诏。"这是出现较早的"五色纸"，其制作方法，有的可能是有意加入了某种色料之故，但也不能完全排除脱色不佳的可能性。此可以进一步研究。

在今见古纸中，敦煌石室写经纸是加工较好的，有表面涂布粉料、研光、染色等，这大约与人们对各种宗教经书比较重视有关。宋米芾《书史》载："六朝写经褊字注之后，人复以雌黄涂，盖岁久胶脱落，字见五分。"此涂雌黄当可起到保护作用。宋米芾《十纸说》载："古纸拷细，不在唐澄心之下。"[31]新疆出土的多为官府籍账、民间契约、文教用纸等，故多为本色纸，只有东晋写本《三国志·孙权传》等少数为上等加工纸。

（六）名家、名纸

由于原料选择、抄造、加工技术的进步，此期又出现了一些造纸名家，如张永等；制造了一些名纸，如蚕茧纸等。

张永。《宋书》卷五三"张永传"，其云："永涉猎书史，能为文章，善隶书……又有巧思，益为太祖所知。纸及墨皆自营造，上每得永表启，辄执玩咨嗟，自叹供御者了不及也。二十三年（446年）造华林園、玄武湖，并使永监统，凡诸制署，皆受则于永。"张永，字景云。即是说，张永善作纸笔墨，宋太祖便让他管理"诸制署"。宋董逌《文川书跋》卷六载："王右军作书，惟用张永乂制纸，谓紫光泽丽，便于行笔。"[32]

蚕茧纸。宋苏易简《文房四谱》卷四"纸谱·三之杂说"载："羲之永和九年制兰亭集序，乘乐兴而书，用蚕茧纸，鼠鬚笔。遒媚劲健，绝代更无。太宗後得之。洎玉华宫大渐语高宗曰：'吾有一事汝从之，方展孝道。'高宗泣涕引耳而听，言：'兰亭序陪葬，吾无恨矣'。"① 一般认为，此"蚕茧纸"并非以蚕茧制作的纸，而是喻纸之细白，说纸似茧而泽之意。其很可能依然是麻纸或楮皮纸，因麻和楮皮是此期的主要造纸原料。

第七节 雕版印刷的发明

我国是世界上最早发明了印刷术的国家，大约南朝时期就发明了雕版印刷，唐代便推广开来；宋代又发明了活字印刷，对人类古代文化的保存、传播和发展作出了重要的贡献。

一、早期图文复制技术

人类早期图文实物都是一件件地制作出来的，从贾湖—裴李岗文化，到仰韶文化、龙山文化的陶器、骨器、龟甲等上的刻画符号和文字莫不如此；后来随着生产技术的发展和人们对同一图文需要量的增大，才发明了图文复制术。这种复制术初始约见于陶器、青铜器和织物上，最后才扩展到了纸上。在早期图文复制术中，与印刷术在工艺形态上较为接近的约有下列五种，即：

① 此处又使用了几个繁体字。如"太宗後得之"中的"後"字，如若简化成了"后"字，其意便相去甚远了。

（一）陶器模印图文法

陶器表面的图纹模印法出现较早，商周时期就发展到了较为成熟的阶段。基本操作是先制作一个陶质的花纹模，之后再在陶坯上复印出图纹来。主要工艺形态至少包括三大类：

1. 硬陶拍打成纹法

主要用在印纹硬陶装饰性图案的复制上。前面谈到，印纹硬陶表面一般都呈现出因人工拍打而形成的几何图案，其中有云雷纹、叶脉纹、曲折纹、回纹等。在此，陶拍实际上就成了拍印几何纹的模子，“拍实”过程也就成了复印花纹的过程。

2. 饰纹模印法

这类装饰性印纹在一般陶器上皆可看到。如1958～1961年，安阳殷墟出土过一件牛面纹陶质印模，系泥质灰陶，面部内凹，呈牛面形纹，大眼、双角，刻纹精细；模高2.6厘米，宽3.4厘米。考古学家认为它“可能是印制陶簋上的兽头所使用的印模”[1]。陶簋之兽首的制作过程，就是用模具复印花纹的过程。

3. 陶文模印法

此最具代表性的器物是陶量。带有印文的陶量至迟出现于战国时期，20世纪40年代，山东邹县便出土过多件属于战国时代的邹器，其底部有印文“禀”字铭；往昔山东临淄出土过印文分别为“公豆”（阳文）、“公区”（阳文）的齐国陶量；1972年济南出土有印文为“市”的齐陶量等。年代稍后，大家较为熟悉的有始皇诏陶量，丘光明《中国历代度量衡考》一书收集了5件，其中一件高8厘米，口径16.8厘米，容积1000毫升；外壁有始皇二十六年诏书，系10枚方印分别打在陶坯上制成。另一件高8.3厘米，口径16.4厘米，容积970毫升，外壁印有秦始皇二十六年诏书。两器皆山东邹县出土，皆为半斗量，前者今藏山东省博物馆，后者藏中国国家博物馆[2]。

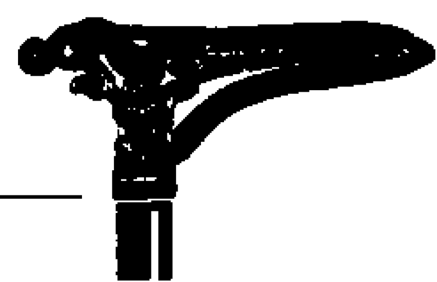
封泥、瓦当的各种文字和图案之模印，大体亦属这一类型。《淮南子》卷一一“齐俗训”:“若玺之抑埴，正与之正，倾与之倾。故尧之举舜也。”高诱注:“玺，印也。埴，细泥。”“印正而封亦正。”[3]这便反映了战国西汉时期，使用印章和封泥盖印的情况。

（二）铸型模印图文法

此法出现较早，有关印模在商周冶铸遗址中常可看到，在车马器、礼器、铜镜等上都常使用。1958～1961年，安阳苗圃北地铸铜遗址出土过多种制作陶范的陶质模子；陶范上的纹饰，皆主要由模子翻印而成；陶模的纹饰有阴纹也有阳纹，皆直接在模子表面刻出。如小屯村曾出土过一枚刻有夔纹及兽面纹的方彝陶模，便为阳纹，刻于模子表面的附加泥块上[1]。

1975～1979年，洛阳北窑西周早期铸铜遗址出土了许多用来制范的模具，其中有车軎模、銮铃模、节约模、兽头模等，不少模具上都雕刻有精美的图案[4]。有关部件的造型过程，也就是某种图纹的复制过程。

《侯马铸铜遗址》[5]一书说，侯马春秋战国铸铜遗址出土了大量花纹模，有的很小，只有一个单元花纹，并认为部分较大的纹样模是用单元模拼接起来后，再



用背料联接在一起的。显然，后来的活字与这种单元模存在不少相似性。

此工艺在先秦青铜镜上也常可看到。周世荣在《湖南出土铜镜图录》一书中说：楚镜造型有好几种方法，其中的纯地纹镜，其“地纹是用一个刻有地纹的小模子作四方连续模印而成的，范痕一般非常清楚”。[6]梅原末治在《汉以前的古镜》一文中也有同样的说法，认为纯地纹镜的花纹不是以纽为中心布置的，而是以一个小矩形图案为单位，以上下左右平铺的方法来布满整个镜背的，余下部分则依镜子形状任意裁割，整个镜背图纹是同一单元图案在范面上机械地反复操作的结果[7]。李正光认为长沙所出战国云纹地蟠螭纹镜和羽状纹地四叶镜的地纹都是由几个部分组成，“每部分的纹样都一模一样，并且，在每部分相接的地方，现出有明显的接痕”[8]。可知镜范制作过程中使用过模印法，尤其是那些同型镜，毫无疑问是使用同一镜模复制出来的[9]。容庚在《商周彝器通考》一书中也说到了类似的工艺：“浚县所出饕餮纹兽盉方镜，郭宝钧谓制法为四模，棱与兽即其接模处。”同时，容庚还引罗振玉等说，认为不仅铜镜，其他器物上也有类似的操作：“罗振玉谓‘秦公敦’之文每字为一范，合多范而成文，以证活字之始，远在东周之世……卢江氏所藏‘奇字钟’亦为一字一范，若‘秦瓦量’则四字一范，合十范而成全文。”[10]如若这些考查不错的话，此“多字一模”，便有些近似于雕版；“一字一模”，便有些近似于活字了。尤其值得注意的是：南阳瓦房庄冶铸作坊的东汉地层内出土过7枚字范，字范皆残，以粘土羼砂制成[11]。

此铸型模印图文法与前述陶文模印法的区别：（1）加工对象不同，一个是陶坯，一个是铸型；（2）产品形态不同，一个是陶器，一个是金属器。

（三）章印文字法

在考古发掘中，印章始见于商，于省吾《双剑誃古器物图录》载有安阳出土的三方铜玺[12]，这是我国今见较早的印章。之后，各种不同材质的印章便在我国一直沿用了下来。

先秦时期，印章始称为玺，尊卑通用；秦汉之后，唯皇帝之印独得称玺。《宋书》卷一八“礼志”云：“玺，印也。自秦汉以前，臣下皆以金玉为印，龙虎钮为所好。秦以来以玺为称，又独以玉，臣下莫得用。”先秦以印章封记的文书，称为“玺书”。《左传》襄公二十九年：“公还及方城，季武子取卞，使公冶逆，玺书追而与之。”杜氏注：“玺，印也。”古时还有一种玺节，其上有章印，作为通商的凭证。《周礼·地官·司市》云：“凡通货贿，以玺节出入。”郑注：“玺节，印章，如今斗检封矣，使人执之以通商，以出货贿者。”孔疏“玺节”云：“汉法斗检封，其形方，上有封检，其内有书，则周时印章，上书其物识事而已云。”可见先秦和汉代都有一种盖了印章的通商凭证，只不过名称不同而已。汉魏之后，印章雕刻技术有了进一步发展，葛洪《抱朴子·内篇》卷一七说：“古之人入山者，皆佩黄神越章之印，其广四寸，其字一百二十，以封泥著所住之四方各百步。”此话当属可信，可知东晋之前印章雕刻便达到较高水平。

考古发掘的印章较多，尤其是汉代。大家较为熟悉的如：1973年长沙马王堆2号西汉墓出土的铜质“轪侯之印”，同出的铜质“长沙丞相”印和玉质“利苍”印；1977年扬州邗江县西汉晚期墓出土的银质“妾莫书”印；1983年广州南越王

墓出土的西汉金质"文帝行玺"；1981年江苏邗江甘泉山出土的东汉金质"广陵王玺"；1953年新疆沙雅于什格提出土的铜质西汉"汉归义羌长"印；1956年云南晋宁石寨山出土的西汉金质"滇王之印"；1953年新疆沙雅于什格提出土的"汉归义羌长"铜印；1956年云南晋宁石寨山出土的金质"滇王之印"；1784年日本福冈志贺岛出土的东汉金质"汉委奴国王"印。1959～1960年，南阳瓦房庄冶铸作坊东汉地层在出土字范的同时，还出土有1枚印章模[11]。此外，与印章相关的还有山东临淄先后出土的多块西汉齐铁官印封泥，如"齐铁官印"封泥，以及"齐采铁印"、"齐铁官长"、"齐铁官丞"等印封泥。20世纪90年代后期，有人在北京古玩市场上收集到了近200个品种的古代封泥，其中有"丞相之印"、"左丞相印"、"右丞相印"、"少府"、"少府工丞"、"少府榦丞"、"寺工之印"、"寺工丞印"等。大体皆属秦汉时期[13]。

（四）拓印图文法

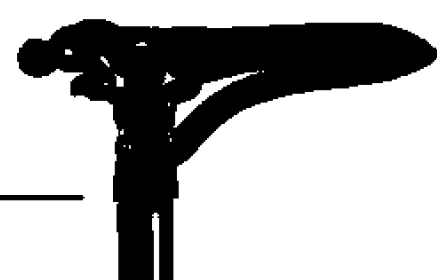
学术界对我国古代拓印技术的发明年代尚有不同看法，有东汉说，有东晋说。前说的主要依据是《后汉书》卷九〇下"蔡邕传"所云："邕以经籍去圣久远，文字多谬，俗儒穿凿，贻误后学。"邕等乃奏求正定六经文字，灵帝许之，"邕乃自书册于碑，使工镌刻，立于太学门外。于是后儒晚学，咸取正焉。及碑始立，其观视及摹写者，车乘日千余两（辆），填塞街陌"。在此，后世学者有谓"咸取正焉"一辞为拓印的[14]，也有称"摹写"一辞为拓印的[15]。东晋说是近人王国维提出的[16]。据说东晋名画家顾恺之具有才绝、画绝、痴绝之称，而且掌握了一套摹拓名画的妙法。这些说法都有一定道理，但其中有的记载并不十分明确，有的则属推测，皆可进一步研究。从现有资料看，南北朝已经使用拓印法应是确定无疑的。《隋书》卷三二"经籍志一"说，隋代"相承传拓之本，犹在秘府"。这是南北朝已有拓印之明证。及唐，拓印技术便得到了较大的发展。何延之《兰亭记》载：唐太宗得王羲之《兰亭序》后，"命榻书人赵模、韩道政、冯承素、诸葛贞等四人各榻数本，以赐太子、诸王、近臣"[17]。此榻书即是拓印。韦应物（737～786年）《石鼓歌》载："令人濡纸脱其文，既击既埽白黑分。"[18]这便十分形象地反映了拓印的基本工艺形态。此"脱"即拓。后世拓印的具体操作是：把稍湿之纸平铺于石刻上，然后轻轻捶打，与刻文（阴文）相应部位的纸便会向下陷入，再刷墨，后揭起，便可得到黑地白字的拓本。

（五）纺织品型版印花技术

关于织物型版印花的发明期，学术界尚有不同看法，有学者认为是春秋战国，也有人认为是汉，但不管怎样，西汉早期已发展到了相当成熟的阶段。这在前面皆已言及，不再重复。

由上可知，模印铸型图纹、模印陶量铭文、章印、拓印、织物型版印花等复印工艺，在我国皆早已发明，雕版印刷应当是这一系列复印工艺长期发展、演变的结果，它应是在这些不同工艺的直接影响下发明出来的，它们在技术思想上亦存在密切的关系。

有学者从"大印刷史观"出发，把上述诸图文复制方式都归入了印刷术中[19][20][21]，我认为是值得商榷的。许多图文复印方式虽也具备了"印"和"刷"



的操作，但作为在人类文化史上产生过重大影响，对人类文化的保存和传播产生过重大作用的“印刷术”，应指雕版印刷，及其之后的活字印刷；陶印纹饰、模印陶量、拓印、织物印染等，应是印刷术的前身；虽其也保存过古代人类文化的一些讯息，但无论如何也是不能与雕版和活字印刷相比的。它们的出现，在技术上、思想上，为印刷术的发明打下了良好的基础；在研究印刷术的技术渊源和技术思想时，把它们放在一起研究是应当的，但这些技术不应归于印刷术范围。英国哲学家法兰西斯·培根（FrancisBaon，1561～1626年）首先提出了古代三大发明，即印刷术、火药、指南针对世界文明有显著影响的观点，并说它们改变了近代欧洲的整个面貌。他所说的“印刷术”，自然是雕版印刷及其之后的活字印刷，不会包括印染，也不会包括陶印等工艺的。人们常说中国是印刷术的故乡，也应当是指雕版印刷和活字印刷，而不应包含陶器、青铜器的模印和织物印染的。通常意义的印刷术，其载体应当是纸，印刷的内容应主要是各种文章和图书。在纸上进行的简单的图案和文字复制，应属印刷术的早期阶段。没有纸的图、文复制，只能称为印刷术的前身。罗树宝认为：印刷术的生产量有三个重要的特点：一是复制效率较高，二是复制成本较低，三是复制品容载量较大。这是诸种原始的图文复制方式不可与之相比的。印章复制速度虽然不低，但容载量较小；碑刻拓印虽容载量稍大，但效率和成本都难与印刷术相比[22]。

二、雕版印刷的发明

我国古代雕版印刷发明于何时，学术界曾进行过长时间的讨论。20世纪80年代以来，较为流行的是唐代说；2001年时，有学者把它提前到了南朝时期。

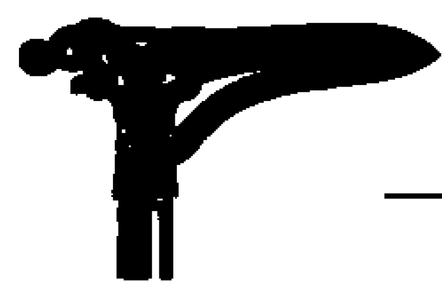
（一）南朝雕版印刷的发明

由清代到20世纪50年代，都不断有人认为我国雕版印刷术应发明于魏晋六朝时期。如清道光间李元复在《常谈丛录》中说雕镌板印之法，当始于魏晋六朝时，但未提出具体依据；乾隆末洪腾蛟在《寿山丛录》卷二又提出雕版印刷应始于北齐，依据是他引用的《北史》卷四七中有“梓而卖之”一语，但学术界对此语存在不同看法。张秀民指出，今见各种版本皆为“写而卖之”，未知洪氏引文出自何种版本[23]。又，清初陈芳生《先忧集》卷五〇“济饥辟谷丹”载：“晋惠帝永宁二年（302年），黄门侍郎刘景先表奏：‘臣遇太白山隐士传济饥辟谷仙方。臣家大小七十余口，更不食别物。请将真方镂板，广布天下。’”20世纪60年代，张秀民曾引用这一文献，将我国雕版印刷发明期推及西晋。但之后张秀民自己又否定了这个观点[23]。故至20世纪90年代止，持魏晋六朝说者亦鲜。

2001年，方晓阳依据《南齐书》关于龚圣人所作“玉印玉版书”的记载，提出了我国古代雕版印刷始于南朝的观点[24]。

《南齐书》卷五三“裴昭明传”载：“裴昭明，河东闻喜人，宋太中大夫松之孙也。”“永明三年（485年）使虏，世祖谓之曰：‘以卿有将命之才，使还，当以一郡相赏。’还为始安内史。郡民龚玄宣云：神人与其玉印玉板书，不须笔，吹纸便成字，自称龚圣人。以此惑众，前后郡守敬事之。昭明付狱治罪。”

《南史》卷三三“昭明传”也有大体相类似的记载：“永明二年（484年）使魏，武帝谓曰：‘以卿有将命之才，使还，当以一郡相赏。还为始安内史。郡人龚



玄宜（宣）云：神人与其玉印玉板书，不须笔，吹纸便成字。自称龚圣人，以此惑众，前后郡太守敬事之，昭明付狱案罪。”

此两段文献关于玉印玉版书的内容基本一致，唯时间和个别地点稍有出入，无碍本书的讨论。“玉印”的本义应是玉质印章，在此当指玉质印版；“玉版书”当即某种玉石质的雕版印刷的书。在此有两点值得我们注意：一是此时有了雕版；二是此雕版印刷的产品为“书”，而不是一页两页的画像或文告。这便是我们将雕版印刷发明期定在南朝的主要依据。此所谓“吹纸便成字”，看来这既是写实，也带有某种夸张和渲染。说其写实，即吹纸法也可印字的；说其“渲染”，即龚玄宣只不过以此来引起他人的注意。大量印刷时，当与后世印刷操作大同小异，而未必要使用吹印法的。所以在公元5世纪后期，或说公元484年以前，我国已有雕版印刷无疑；既然“前后郡守敬事之”，可知其事在当地已流传多年。只可惜未能推广，一项重要的发明，就这样和发明家一起被投进了监狱，这是我国古代科技史中的又一幕悲剧。雕版印刷在南朝未能推广的原因看来主要有二：（1）当时经济破坏，文化凋零，社会尚无对印刷术的急切需求。（2）有关管理机构和官员不重视发明创造。裴昭明这位为史家称颂的“良吏”，却比不上“前后郡守”来得开明，他非但未能奖励雕版印刷的发明者，反诬其“惑众”而将之治罪。

“玉版”之说汉代便已出现。《史记》卷一三〇“太史公自序”：“维我汉继五帝末流，接三代统业，周道废，秦拨去古文，焚灭《诗》、《书》，故明堂石室金匮玉版，图籍散乱。于是汉兴，萧何次律令。”如淳曰：“刻玉版以为文字。”《汉书》卷四九“晁错传”：“若高皇帝之建功业，陛下之德厚而得贤佐，皆有司之所览，刻于玉版，藏于金匮，历之春秋，纪之后世，为帝者祖宗，与于地相终。”此“玉版”似指刻有文字的玉石，它是否曾经印制过，是否印过书籍，则是不得而知。所以，它与南朝的“玉印玉版书”是有差别的；一个是刻有文字的版，一个是印有文字的书。

（二）关于我国古代雕版印刷发明期的讨论

对我国古代雕版印刷的发明期，以往曾有过汉代说、东晋说、六朝说、隋代说、唐代说、五代说、北宋说等七种不同观点。自元代起，学术界便一直进行各种不同的探索和研究，并先后提出过多种不同的观点。今只介绍其中的汉代说。

汉代说较早大约是由元代王幼学等提出的，其主要依据是《后汉书》卷九七“张俭传”和同书卷一〇〇“孔融传”中的两段话。“张俭传”云：“俭举劾览及其母罪恶，请诛之。览遏绝章表，并不得通，由是结仇览等。乡人朱并，素性佞邪，为俭所弃，并怀怨恚。遂上书告俭与同郡二十四人为党，于是刊章讨捕。俭得亡命，困迫遁走，望门投止，莫不重其名行，破家相容。”意即是说，张俭因检举宦官侯览，而与之结下了怨仇，后反为小人朱并诬陷，于是遭到“刊章讨捕”。“孔融传”也说到了同一事件，云：“山阳张俭为中常侍侯览所怨，览为刊章下州郡，以名捕俭。”在此尤其值得注意的是“刊章”一语。元王幼学《资治通鉴纲目集览》卷一二在解释“刊章”含义时说：“刊章即印行之文，如今板榜。”元时“板榜”即印刷而成的通缉告示。显然，其认为汉代便有了雕版印刷。

但刘攽、李贤早有另外的解释。唐章怀太子注云：“刊，削也。谓削去告人姓



名。”可知章怀太子认为“刊”是“削”的意思，而非后世之“刊印”。章怀太子“注”又引刘攽曰：“览何能刊章下州郡？盖是‘诏字’，张俭传中可见也。”此刘攽的意思虽不十分明确，似认为“刊章”即是“刊诏”；而无“刊章”即是“刊印”之意。

当然，印刷是在纸上进行的，有了纸，有了墨便具备了印刷的基本条件；张俭招诬之事见于桓帝延熹八年(165年)之后，距蔡伦发明造纸术已有多年，用纸刊印部分公文下达州郡的可能性还是存在的；但当时汉纸的质量依然较差，造纸技术的长足进步应属两晋之后的事。著名的傅咸《纸赋》出现于西晋，我国第一批书法家是东晋产生出来的。废简而用纸，那是东晋之后的事。所以，即使汉代有了少数雕版式印刷，那也是偶然事例，而不宜视为一种文化载体。人们之所以把印刷术的发明当成我国古代的一项重大科技成就，便因它是一种文化载体，对古代文化的保存和交流，对人类古代文明的发展，起到了十分重要的作用，而这种作用，则不是印章式按印、少量的或单件的雕版式印刷所能担负的。我们把南朝作为雕版印刷的发明期，是因其生产了“玉印玉板书”，不管这种“书”的份量和内容如何，皆可视之为一种早期的文化载体。由汉至东晋，大体上是印刷术的孕育期，南朝则可视为雕版印刷的发明期。但由于各种原因，雕版印刷在南朝时并未得到推广，及至到了隋代，大量发行的诏书依然是用手抄写的。《资治通鉴》卷一七六“陈纪十”载，隋文帝伐陈前，“送玺书暴（陈）帝二十恶，仍散写诏书三十万纸，遍谕江外”。胡注：“中原以江南为江外。”说明隋代初年时，即使帝王为了军事上的需要，依然未能使用雕版印刷，否则30万纸诏书是决不会“散写”的[25]~[28]。印刷术的推广，应是唐代的事。

第八节　髹漆技术

此期漆器出土量大不如前，髹漆技术基本上沿袭前代工艺，并无大的创新。总体上属于髹漆技术的低潮期。其中值得注意的事项是：此期出现了关于漆器使用和收藏的专题性记载，出现了夹纻胎佛像工艺，木胎夹纻工艺也有了一些发展，发明了犀皮工艺。

一、漆器出土的部分情况

魏晋南北朝漆器出土量较前大为减少，这一方面大约是此期手工业备受摧残之故，另一方面当与制瓷技术的发展和社会意识的变化等有关。在此期漆器中，较值得注意的主要是孙吴和北魏的几批漆器。

东吴朱然（182~249年）墓漆器。1984年安徽马鞍山市出土，漆木器约80件，包括案、盘、羽觞、榼、盒、壶、樽、奁、凭几、梳、砚等10余个品种。胎质有木、篾、皮、木胎夹纻等。漆画用色有朱红、红、黑红、金、浅灰、深灰、赭、黑等。有的镶鎏金铜钔，有绘画，也有素面；装饰手法有漆绘、锥刻戗金、犀皮等。有的器上有铭。其中较值得注意的几件是：（1）宫闱宴乐图漆案。木胎夹纻，即木胎上先贴一层麻布，再涂漆腻，之后再髹漆。四缘镶嵌有鎏金铜皮，在黑红漆地上用朱红、黑、金等色漆绘制有宫闱宴乐场面，其中有55位人物。此彩

绘法今谓之描漆法或设色画漆法。（2）季扎挂剑图漆盘。木胎，边缘镶鎏金铜钔，盘外底以朱漆书“蜀郡造作牢”5字。盘中间绘春秋吴季扎挂剑徐君冢树的历史故事。器以黑漆为地，其上绘有红、黄、灰、金等色。此“牢”即坚牢意，宋代部分再作讨论。（3）犀皮黄口羽觞（耳杯），2件，皮胎，椭圆口，平底，月牙形耳，耳及口沿都镶有鎏金铜钔。器身属“黑面红中黄底片云斑犀皮”。花纹自然流畅。（4）锥刻戗金漆盒盖，木胎夹纻，顶面和四侧针刻青龙、白虎等，线条流畅，刻纹内戗金。（5）素色漆器木凭几，弦长69.5厘米、宽12.9厘米、高26厘米，全身髹黑红漆。汉晋时期，人们席地而坐，凭几是放在床榻之上，使坐者有所凭靠的，故有“凭几而坐”之说。（6）漆沙砚，木胎，长方形盒，分为四层，为三盘一盖，可以叠合，下为底盘，可以放置研石、颜料等。上为砚盘。砚池长27.4厘米、宽24厘米，池内涂黑漆和细砂粒。池上有一方形小水池。因季氏挂剑图盘朱书“蜀郡”等字，故有学者认为，其皆系蜀地制造的[1]。

东吴高荣墓漆器。1979年江西南昌出土，计15件。种类有盒、奁、鬲、钵、碗等；有木胎、夹纻胎和木胎夹纻；器外表多髹黑色、内面为红色。其中较值得注意的主要有：（1）圆盒，2件，夹纻胎，盖顶中央的钮饰用铜镶嵌出柿蒂形图案，顶盖边缘彩绘，筒腹上镶嵌2道铜片。（2）奁盒，2件，盖顶中心之钮用铜片镶嵌柿形图饰，在每瓣和蒂的中心各镶嵌水晶珠一颗。柿蒂形图案外用铜片镶嵌两圈，在盖顶边角处用铜片包裹[2]。有盒2件为脱胎漆器。这些漆器的制作工艺和艺术风格与前述扬州漆器十分相似，故它应当是长江下游地区的产品。

东吴麻桥墓漆器。1978年安徽南陵县麻桥出土，其中2号墓出土了少数几件漆器，种类有：长方形盒、小圆盒、双层奁、梳妆盒、果盒（槅）、碗等。其中长方盒的盖顶镶嵌铜柿蒂形图案，器身及套盖均镶有三道铜钔。其他几件也有类似工艺[3]。

北魏司马金龙墓所出木板漆画屏风。1966年初山西大同出土，据墓志铭，司马金龙死于484年。此屏风较完整者5块，每块长约80厘米、宽约20厘米、厚约2.5厘米，有榫可以拼合。板面遍涂红漆，题记及榜题处再涂黄色，上面墨书黑字。绘画中线条用黑色，人物面部和手部涂铅白（易脱落），其余有黄、白、青绿（深浅不同）、橙红、灰蓝等色。颜色中约调有漆类粘合剂而不易剥落[4]。看来这是一件较为典型的“描漆”制品。“描漆”漆器至迟在战国时期就已经出现，汉后便有了发展[5]。黄成《髹饰录》“描饰”第六载：“描漆，一名描华，即设色画漆也。其文各物备色，粉泽烂然如锦绣……又有彤质者，先以黑漆描写，而后填五彩。”司马金龙漆画与此述基本一致。

二、髹漆技术的发展

此期的髹漆技术虽处低潮期，诸项操作基本上是沿袭了前代工艺，但也有几件在漆器史上值得书写一笔的事例。主要是：

（一）出现了关于漆器使用、收藏的专题性记载

我国古代髹漆技术发明于河姆渡文化时期，虽先秦汉后不少文字提到髹漆工艺，但都较为简单，且一般都是顺带提到，此期却出现了关于漆器使用的专题性记载。后魏贾思勰《齐民要术》第四九“种漆”条载：“凡漆器，不问真伪，送客



之后，皆须以水净洗，置床箔上，于日中半日许曝之使干，下晡乃收，乃坚牢耐久。若不即洗者，盐醋浸润，气彻则皱，器便坏矣。其朱裹者，仰而曝之，朱本和油，性润耐日。”下晡，日将落时。这显然是生活经验的总结，说明当时漆器使用已相当广泛。

（二）木胎夹纻工艺有了发展

木胎夹纻始见于先秦时期，此期有了进一步发展，上述东吴朱然墓至少出土有2件，即宫闱宴乐图漆案和锥刻戗金漆盒盖；东吴高荣墓漆器也有此种胎质。说明此工艺不但保留着，且有一定的发展。这工艺在《髹饰录》“质法”第十七称之为“布漆”，具体操作是：“捎当后用法漆衣麻布，以令魏面无露脉，且棱角缝合之处，不易解脱，而加垸漆。”王世襄又对木胎夹纻工艺（即布漆）作了进一步的解释，说：“布漆是制造漆器的第四道工序（前三道分别是卷素、合缝、捎当）。在已经捎当（填平裂缝、节眼）之后的器物上，用法漆将麻布糊贴到上面去。这样，即使将来用石搓磨，也不致于将木胎或木筋透露出来。同时周身贴了麻布，拉扯连系力加强，木胎拼合的地方，也不容易松裂脱开了。”[6]黄成认为，木胎夹纻工艺最容易出现两个毛病，即“邪宼，浮起”。杨明注“邪宼”云：“贴布有急缓之过。”即漆器贴布时，松紧不均，有时布纹亦歪斜。杨明注“浮起”为：“粘贴不均之过。”即有的地方粘住了，有的地方没有粘住而浮起[7]。

此期还出现了夹纻胎大型佛像。佛教约于汉代传入我国，夹纻胎佛像约出现于六朝时期，东晋戴逵曾以夹纻胎制作佛像[8]，梁简文帝作有《为人造八夹纻金薄像疏》[9]（其具体尺寸不详）。

（三）出现了将荏油用于手工业的记载

《齐民要术》第二六云：“荏子秋末成……收子压取油，可以煮饼，为（涂）帛、煎油弥佳（原注：荏油性浮，涂帛胜麻油）。”可见后魏已用荏油涂帛。这对我们探讨兑漆用油当有一定帮助。

（四）雕漆和犀皮工艺的发明

雕漆，即在漆层上进行雕刻。基本操作有二：（1）用色漆在底漆上堆砌成花纹图案的大致轮廓，之后再雕刻出所需花纹图案来。（2）用相同的，或不同色调的油漆在胎体上一层层地髹涂，当色漆积叠到一定厚度后再作雕刻。这两种操作的区别是：前者只在花纹图案处一层一层地堆砌色漆，后者则是在整个表面一层一层地髹涂色漆。所髹漆层的数目，常视需要而定。不管前者还是后者，若髹涂的漆层颜色相同，雕漆断面的颜色便是大体一致的，整个雕漆产品便是颜色均一的雕漆、浮雕艺术品；若髹涂的漆层颜色不同，且呈现某种规律性差异时，雕漆断面便会显示一道道不同颜色的纹路，此产品便谓之犀皮，或犀毗、西皮、剔犀。所以，犀皮是雕漆工艺的一种特殊形式。雕漆和犀皮都是我国古代漆器装饰技术的重要成就。普通雕漆产品的颜色是相同的，或红、或黄、或绿、或黑色的浮雕；犀皮则会呈现出不同的文采，通常有云钩纹、香草纹、回文等。明黄成《髹饰录》“雕镂”第十载：“剔红，即雕红漆也。髹层之厚薄，朱色之明暗，雕镂之精粗，亦甚有巧拙。”黄成《髹饰录》“填嵌”第七载：“犀皮，或作西皮，或犀毗，文有片云、圆花、松鳞诸斑。”同书“雕镂”第十载：“剔犀，有朱面，有黑面，有透明紫

面。或乌间朱线，或红间黑带，或雕黵等复，或三色更叠。其文皆疏刻剑环、绦环、重圈、回文、云钩之类，纯朱者不好。”这里便分别谈到了雕漆和犀皮两种工艺。在此值得注意的是：剔犀只用红、黄、黑三色，即所谓“三色更叠”，而不用绿色等。杨明注云：“三色更替，言朱、黄、黑错重也。用绿者，非古制。剔法有仰瓦，有峻深。”

在考古发掘中，此期的普通雕漆产品尚未看到，但文献却是有记载的。晋陆翙《邺中记》载：“石虎御坐(座)几，悉雕漆，画皆为五色花也。”[10]可知至迟在后赵石虎时期，即公元4世纪前期便有了“雕漆”工艺。自此，这个名称就一直沿用了下来。

文献上关于此期犀皮工艺的记载尚未看到，但却出土了两件犀皮器物，即前述孙吴朱然墓的两件犀皮漆耳杯。两耳杯皆保存完好，其中一件长径9.6厘米、径5.6厘米、高2.4厘米。表面光滑，花纹匀称而多变；若行云流水，自然流畅[1]。这是今在考古发掘中所见年代最早的犀皮漆器，也是最早的雕漆产品。在此有一点需顺带说明的是：此“雕漆”与西周时期的漆器雕花是不同的；雕漆是在一层层砌叠起来的漆层上进行雕镂的；而早期雕花漆器，则是在木器上雕花后再髹漆的。从操作原理到工艺效果都不相同。

关于犀皮工艺的发明期，学术界长时期没有定论。在相当长一个时期内，人们曾定之成唐[11]。由于朱然墓犀皮黄口羽觞舫的出土，各种疑虑也就如冰之释。

关于犀皮工艺的具体操作，袁荃猷曾于1957年在北京崇文门外作过专门调查，其漆烟袋竿的犀皮工艺程序为：（1）打埝，意即在平地上打出高起的埝来。做法是先向生漆中调入一定量的石黄，以提高其粘稠度；之后涂到木质的烟袋竿上，并趁漆未干时，用右手姆指轻轻推动漆层，使其形成一道道带尖凸的皱皮；从烟竿的一端旋转着推向另一端，状如蛇皮的鳞纹。（2）阴干。（3）用红漆、黑漆相间地涂到每个突起的皱尖处，每涂一次，入荫一回，如此四五回。（4）再用红漆、黑漆相间地通体涂刷，亦是每涂一次，入荫一次，及至20多次。（5）用磨石及炭打磨，凡打埝较高的地方，此时都会显现出一圈圈的色漆，是即花纹。花纹的具体形态则取决于打埝方法和上漆的情况[12]。

（五）镶嵌技术的扩展

1965年，辽宁北票冯素弗墓出土一批很有价值的文物，其中有一件黑漆长方形盒，用菱形骨片嵌成几何纹图案，作工有如螺钿器一般，墓主人死于415年[13]。这大体上可视为漆器镶嵌技术的一种扩展。类似的技术清代还可看到，故宫博物院便藏有一件清初黑漆嵌骨人物长方盒[14]。

第九节　玻璃技术

魏晋南北朝是我国古代玻璃技术的一个转变期，在器形上，实现了从饰器向器皿类的转变，珠饰类玻璃大为减少；在成型工艺上，开始了从铸造模压，向吹制的转变，吹制成型得到了初步发展；从文献记载看，我国已生产了部分钠钙玻璃。此时，西亚和欧洲的玻璃更多地传入我国，极大地促进了我国玻璃技术的发展。



一、玻璃出土的部分情况

此期见于考古发掘的玻璃器主要是器皿和珠饰，南北都有出土；多为域外传来，只有少数国产；器皿量不是太多。其中较值得注意的主要有下面几宗：

1. 1964 年河北定县北魏塔基石函（481 年）中出土有玻璃器 7 件，计有：玻璃钵 1 件，口沿烧成了圆唇，圈足，天青色，透明，气泡较多。玻璃瓶 2 件，壁厚约 0.1 厘米，天青色，透明，有密集的气泡。玻璃葫芦小瓶 3 件，浅蓝色，透明。残玻璃器 1 件，天青色，透明，气泡较多[1]。7 件器物皆无模吹制，其中 6 件较小，且器形简单、不太规整、气泡较多，说明吹制技术不太成熟；加之其玻璃钵、葫芦瓶皆我国传统器形，故这批器物当为我国所制[2][3]。这是今日所见最早的国产吹制玻璃器。

2. 1978 年湖北鄂州五里墩西晋墓出土磨花圜底玻璃碗残片 1 件，无色透明，有小气泡，外表有多排椭圆形的磨花纹饰，当是冷加工磨琢而成。相类似的器物在伊朗高原三～七世纪墓葬中曾有大量出土，此当是较早输入东方的萨珊玻璃[2][4]。

3. 1965 年北京西晋华芳墓出土圜底玻璃碗 1 件（残片），淡绿色，透明，内含较多大小不等的气泡。无模吹制。腹部的乳钉装饰是用烧软的玻璃条趁热粘上去的，有学者亦认为其属于萨珊玻璃[5][6]。

4. 1970 年南京象山东晋墓出土 2 件磨花筒形玻璃杯，无色，透明，气泡较少。1 件完整，透明，泛黄绿色，口沿及下底磨有椭圆形花瓣纹。这种器形在罗马玻璃器中经常看到，当为西方传入[2][7]。

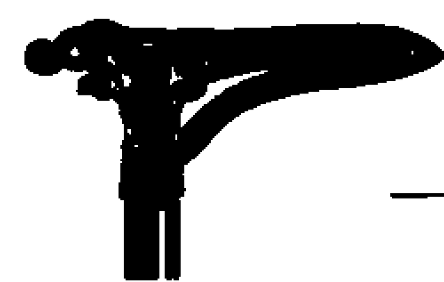
5. 1965 年，辽宁北票县北燕冯素弗墓出土 5 件玻璃器，计有：鸭形玻璃注 1 件，无模吹制，鸭身上的装饰系玻璃条缠绕而成的；玻璃碗 1 件，光洁明澈，淡绿色，气泡很少；玻璃杯 1 件，翠绿，透明，质地纯净，色泽鲜丽，很少气泡，底部有疤痕，说明制造时采用了铁棒技术，此杯的器形国内很少看到。此外，还有玻璃钵 1 件、玻璃残兽 1 件。5 件当为罗马传入[2][8]。

6. 1983 年宁夏固原北周李贤夫妇墓出土有完整的玻璃碗 1 件，口径 9.5 厘米、腹径 9.8 厘米、腹深 6.8 厘米、高 8 厘米。淡黄绿色，内含小气泡，分布较为均匀；有模吹制，表面有琢磨而成的凹球面纹饰，是古代玻璃的精品。为传入我国的萨珊玻璃器[6][9]。

7. 1995 年，新疆营盘汉晋墓葬 M9 出土 1 件玻璃杯，黄白色，半透明，侈口，平底，腹部排满圆形凹面纹，口径 10.8 厘米、高 8.8 厘米，是典型的伊朗高原产品。大约在公元前 800～前 500 年时，埃及和西亚生产的玻璃便已传入新疆[10]。

8. 1994 年，洛阳北魏永宁寺出土了 15 万余枚玻璃小珠，珠径 1～5 毫米，中有穿孔，孔径 0.5～2 毫米，高 1～6 毫米。直径≤3 毫米者约占总数的 95% 以上。有黑色、绿色（半透明）、黄色（不透明）、砖红色（不透明）、无色（透明）、深蓝色（透明）、白色（不透明）、天蓝色（半透明）、豇豆红色（不透明）等。皆系拉拔成的细管料切割而成[11][12]，很可能是印度制品[12]。

这是魏晋南北朝时期部分玻璃器的出土情况，这些器物多为器皿和珠饰类，器皿有杯、碗、瓶、钵等；据判断，其中 7 宗为传入品，只有 1 宗是国产的。国产



玻璃较少，这一方面固然与战争破坏有关，另一方面也说明了西亚和欧洲玻璃在技术上的某些优势。

二、成分选择和成型技术

（一）几件外来玻璃的科学分析

表4－9－1　　魏晋南北朝外来玻璃成分分析

出土处、名称、颜色、原产地	成分（%）									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO_2	CuO	Sb_2O_3
鄂州五里墩西晋墓玻璃碗，淡黄，萨珊	64.22	1.64	0.57	9.19	3.21	3.59	17.51	0.04	0.02	
南京大学北园东晋墓玻璃杯，淡黄，罗马	69.39	1.89		6.81	0.27	0.49	19.60			0.29
南京幕府山玻璃杯，淡黄，罗马	67.70	3.43	0.58	6.05	0.94	0.45	19.23	1.63	0.02	
南京幕府山玻璃杯，深蓝，罗马	69.15	2.09	1.22	5.79	0.55	0.33	15.84	0.03	0.27	
辽宁北票北燕冯素弗墓玻璃钵，浅绿，罗马	64.82	2.71	0.82	6.14	2.35	4.43	16.02	0.08	0.02	
平均值	67.06	2.35	0.64	6.79	1.46	1.86	17.64	0.36	0.07	0.06

注：采自文献[3]、[13]

表4－9－1所示为魏晋南北朝时期，传入我国的5件外域玻璃器成分。由之见：

（1）此5件器物都是清一色的钠钙玻璃，成分为：CaO 5.79%～9.19%，平均6.79%；Na_2O 15.84%～19.6%，平均17.64%。有的标本亦含有一定量的钾；着色剂有铁、铜、锰。

（2）此5件标本大体上皆可归为钠系，但细分起来又包括两种类型，即$Na_2O-CaO-SiO_2$型（3件）和$Na_2O-CaO-K_2O-SiO_2$型（2件）。

（3）此期的国产玻璃分析较少，先秦两汉那种高铅、高钾玻璃的使用情况则难得知晓；高钡玻璃是否仍在使用，亦不明了；亟待进一步研究。

表4－9－2　　洛阳北魏永宁寺遗址玻璃珠成分

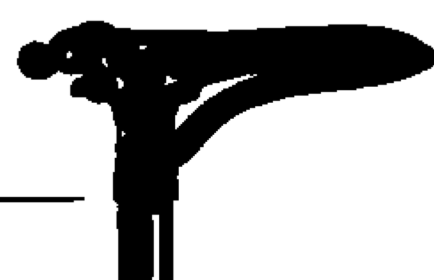
色态	直径（毫米）	成分（%）									
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	CuO	MnO	ZnO
砖红色	3.56	6.31	11.01	1.23	4.01	8.69	2.73	－	3.25	0.48	－
深蓝色	2.15	8.31	4.1	1.24	2.47	16.2	6.21	0.208	0.81	0	0.033
黄色	2.25	5.51	8.2	1.27	2.36	17.2	1.10	0.313	0.426	1.64	0.024
黑色	2.16	9.2	7.95	2.43	2.50	15.7	1.46	1.459	0.392	0	0.033
无色透明	2.06	3.11	2.6	1.04	2.11	16.2	4.37	0.277	0.415	1.37	0.045
砖红色，表面风化	1.85	1.91	8.3	2.40	2.34	15.8	2.28	0.541	5.20	0	0.05
砖红色	4.2	67.43	12.0	1.34	3.90	9.13	2.72	－	3.20	0.49	－
平均成分		61.68	13.45	1.56	2.81	14.13	2.98	0.40	1.96	0.57	0.03

注：采自文献[11]

表4－9－2所示为有关学者分析的7件洛阳北魏永宁寺印度玻璃珠成分。这些玻璃珠直径多为1.8～4.2毫米，砖红色者稍大[12]。由之可见：

（1）其平均成分为：SiO_2 61.68%、Al_2O_3 13.45%、Fe_2O_3 1.56%、K_2O 2.81%、Na_2O 14.13%、CaO 2.98%、MgO 0.4%、CuO 1.96%、MnO 0.57%、ZnO 0.03%。可知其主要助熔剂是钠、钾、钙。

（2）其含Na_2O量较高，为8.69%～17.2%。国产玻璃的Na_2O量常在8%以下，唯少数几件，如春秋晚期侯固堆玻璃珠达10.94%，平山战国玻璃珠达



15.46%（表2-7-1）。

（3）此7件玻璃约包括三个成分系列，其中：$Na_2O-K_2O-CaO-SiO_2$ 型3件，$Na_2O-CaO-K_2O-SiO_2$ 型2件，$Na_2O-K_2O-SiO_2$ 型2件。

（4）着色元素主要是铁和铜，此外还有锰。实际上，一般物体的呈色往往是由两种或多种着色剂共同作用的结果。我们曾对古代玻璃着色剂进行过一些分析（表2-7-3），其着色元素也主要是铁和铜，但其铜、铁含量都较高，而这些外域玻璃的着色元素含量则较低。

（二）从文献记载看此期国产玻璃的成分

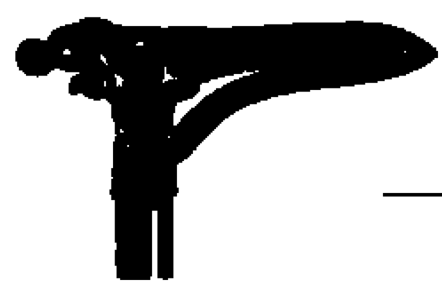
此期国产玻璃所见较少，亦未进行过科学分析，下面只好通过文献记载，对其成分选择进行一些探讨。

三国万震《南州异物志》云："琉璃本质是石，欲作器，以自然灰治之。自然灰状如黄灰，生南海滨，亦可浣衣，用之不须淋，但投之水中，滑如苔台，不得此灰则不可释。"[14]"琉璃本质是石"，即琉璃的原料原本是石；欲作之"器"，当指玻璃器，而不像是琉璃瓦。"自然灰"，一般认为是指天然碳酸钠；以其制成的琉璃，当即是钠钙玻璃。"释"当即稀释、熔化之意，这充分说明了自然灰作为熔剂的作用。前面谈到，此书为万震见闻录，"南州"约指今广西与越南接壤一带。可知当地在三国时已生产钠钙玻璃。

《抱朴子·内篇》卷二"论仙"载："外国作水精椀，实是合五种灰以作之，今交广多有得其法而铸作之者。今以此语俗人，殊不肎信。乃云水精乃自然之物，玉石之类，况于世间幸有自然之金，俗人当何信其有可作之理哉。"这里说到了好几层意思：（1）在晋人看来，水晶有两种，一如"俗人"言，乃自然之物，属玉石类，这是真水晶。二如葛洪所言，以五种灰做成，应是假水晶，当是玻璃。（2）作为玻璃的"水晶"本是外国所作，东晋时已传入交广。五种灰，具体含义不详，但若为外国工艺，少不了应有自然灰，即天然碳酸钠。依此，这种玻璃亦应是含钠含钙的。

此外，《魏书》卷一〇二"西域传·大月氏"条，还谈到过西域匠人至京师制作"琉璃"的情况，云："大月氏国都卢监氏城……世祖时，其国人商贩京师，自云能铸石为五色瑠璃。于是采矿山中，于京师铸之。既成，光泽乃美于西方来者。乃诏为行殿容百余人，光色映彻，观者见之，莫不惊骇，以为神明所作。自此，国中瑠璃遂贱，人不复珍之"。这段记载对"五色瑠璃"的性属谈得不是十分清楚，有学者认为它即普通玻璃[3][15]，有学者认为它是一种建筑装饰[16][17][18]，诸如琉璃瓦之类。浅见认为建筑材料的可能性较小，理由是：（1）从西方运来琉璃瓦的可能性不大。而文中说"五色瑠璃"美于西方来者。（2）"五色瑠璃"行殿能"容百余人"，若为玻璃装饰，那才是真正令人惊骇的。《北史》卷九七"西域·大月氏传"所记略同。

由上述记载来看：（1）至迟三国时期，南州便掌握了利用自然灰制作钠钙玻璃的技术。万震未说到此技术的来源，可能是外域传来，也可能是本地创造的。（2）东晋时期，外国玻璃（钠钙）技术便传入了交广一带。所以，虽目前从科学分析中尚难了解国产玻璃的组分，但从上述记载来看，三国、东晋时期我国生产过部分钠钙玻璃是可以肯定的。



（三）关于吹制法的使用

此前，我国玻璃制造工艺一直是沿用先秦两汉的模铸法等操作。魏晋南北朝在玻璃成型技术上有何进步，因此期出土的国产玻璃器较少，目前尚难作出准确的评价。一般认为，吹制法已在北魏时期传入我国，并逐渐推广开来。主要依据是定县北魏塔基出土的一些国产的吹制玻璃器。吹制法约在公元前200年始见于巴比伦，之后为罗马人采用。罗马玻璃技术繁荣的时代适与我国汉至南北朝相当。

三、关于“琉璃”等名称

在此期文献中，用来称呼玻璃的词汇主要还是沿用汉代“流璃”、“琉璃”等词，但由于历史条件的限制，这些词汇的含义并不是十分固定的，除玻璃外，往往还有其他含义，还需作具体分析。与无序结构相对应的“玻璃”一词，实际上是到了宋代，及至明代才出现的。

《汉书》卷九六上“西域传·罽宾”条载：罽宾出“珠璣、珊瑚、虎瑰、璧流璃”，师古“注”引三国魏孟康说：“流離，青色如玉。”[19]此用玉来形容“流離”，可知其不是玉；而罽宾国更靠近西亚和欧洲，故有可能是玻璃。师古“注”又引《魏略》云：“大秦国出赤、白、黑、黄、青、绿、缥、绀、红、紫十种流離。”[20]大秦国即罗马帝国。由于吹制法的发明，此时的玻璃技术已达较高水平，故此十色琉璃有可能多为玻璃，但也不排除尚包括部分水晶等物的可能性。

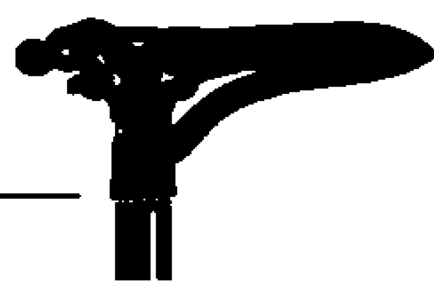
北魏杨炫之《洛阳伽蓝记》卷四载：“河间王琛最为豪首。”“琛常会宗室，陈诸宝器，金瓶、银瓮百余口，瓯檠盘盒称是。自余酒器，有水晶钵、玛瑙盃、琉璃碗、赤玉卮数十枚。作工奇妙，中土所无，皆从西域而来。”[21]此“琉璃”很可能是玻璃。

西晋潘尼《潘太常集》“琉璃椀赋”：“览方贡之彼珍，玮兹椀之独奇。济流沙之绝险，越葱岭之峻危，其由来也阻远，其所托也幽深……于是游西极、望大蒙、历钟山、窥烛龙、觐王母、访仙童；取琉璃之攸华，诏旷世之良工。”[22]此描述了琉璃碗传入过程之艰难。因所述甚为简单，故此“琉璃碗”到底是玻璃碗还是水晶碗，眼下很难肯定。

晋王嘉《拾遗记》卷八载：“孙亮作绿琉璃屏风，甚薄而莹澈，每于月下清夜舒之。常宠四姬，皆振古绝色……使四人坐屏风内而外望之，了如无隔，惟香气不通于外。”[23]此“绿琉璃”能做到“了如无隔”，应当是玻璃；若为建筑琉璃瓦的话，不管怎样地薄，都不会“了如无隔”的。部分学者在引用这段文献时，只引了前面一句，而未引后面几句，故误以为是建筑装饰用的琉璃。至于这种玻璃到底有多大，则是不得而知。

《魏书》中首次出现了“颇梨”一词，但《魏书》并未说到“颇梨”的生产工艺，我们从语音上是很难断定它便是玻璃的。《魏书》卷一〇二“西域传·波斯”载：波斯国都宿利城，“出金、银、鍮石、琥珀、车渠、马脑，多大真珠、颇梨、瑠璃、水精……”这里同时说到了颇梨、瑠璃、水精三物。到底谁个是作为无序结构的玻璃？依此很难肯定。后面还要谈到，在唐代，“颇梨”实际上是多指天然宝石和美玉的，并无玻璃的含义。依此我们推测，《魏书》中的“颇梨”亦未必是玻璃。

南朝宋刘义庆《世说新语》卷下之下“纰漏三十四”载：“王敦初尚主……既还，婢擎金澡盘盛水，瑠璃盌盛澡豆。”[24]此“瑠璃”可能是玻璃，但含义却不是十分明确。



参 考 文 献

第一节 采矿技术

[1] 杨立新:《皖南古代铜矿初步考察与研究》,《文物研究》第3辑,1988年。

[2] 杨立新:《安徽沿江地区古代铜矿》,《文物研究》第8辑,1993年。

[3]《陆士龙文集》卷八,文渊阁《钦定四库全书》,台湾商务印书馆版1063-442。

[4]《后汉书》卷三二“郡国四·豫章郡·建城”条引。

[5] 沈仲常:《四川昭化宝轮镇南北朝时期的崖墓》,《考古学报》1959年第2期。

[6] 甘肃省博物馆:《酒泉嘉峪关晋墓的发掘》,《文物》1979年第2期。《嘉峪关新城十二、十三号画像砖墓发掘简报》,《文物》1982年第8期。

[7] 杨慎:《升庵外集》卷一九“用器”,桂湖藏板,道光甲辰影明板重刻。

[8]《水经注》第七册,卷一三,第11页、12页,文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第234碟。

[9]《中国古代煤炭开发史》第45页,煤炭工业出版社,1986年。

[10]《后汉书》卷三三“郡国志·酒泉郡·延寿”条梁刘昭注引。丛书集成本《博物志》卷九所记与此大体一致:“酒泉延寿县南,有山出泉,注地为沟,其水有脂,如煮肉汁,挹取若著器中,始黄后黑,如不凝膏,然之极明,与膏无异,膏车及水碓缸极佳,但不可食,彼方人谓之石漆”。“四库”本《博物志》无此段文字。

[11]《文选注》卷四“三都赋”,并李善注引。

[12] 郭璞:《郭宏农集》卷一。

[13] 明曹学佺:《蜀中广记》卷六六引。

[14] 重庆市博物馆:《四川汉画像砖选集》,文物出版社,1957年。

[15] 白广美:《关于汉画像砖“井火煮盐图”的商榷》,载《中国盐业史论丛》,中国社会科学出版社,1987年。

第二节 冶金技术

[1] 渑池县文化馆等:《渑池县发现的窖藏铁器》,《文物》1976年第8期。

[2] 洛阳市文物工作队:《洛阳吉利发现西汉冶铁工匠墓葬》,《考古与文物》1982年第3期。

[3] 何堂坤等:《洛阳坩埚附着钢及其科学研究》,《自然科学史研究》1985年第1期。

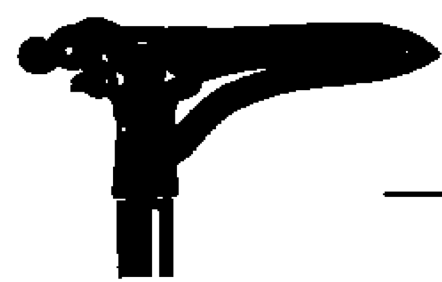
[4] 岑仲勉:《中外史地考证》第213页,中华书局,1962年。

[5] 北京钢铁学院金属材料系中心化验室:《河南渑池窖藏铁器检验报告》,《文物》1976年第8期。

[6] 何堂坤:《关于灌钢的几个问题》,《科技史文集》第15辑,上海科学技术出版社,1989年。

[7]《六臣文选》卷三五张协《七命》。

[8] 北京科技大学冶金与材料研究所等:《北票喇嘛洞墓地出土铁器的金相实验研究》,《文物》2001年第12期。



［9］李众:《中国封建社会前期钢铁冶炼技术发展的探讨》,《考古学报》1975年第2期。

［10］黎瑶渤:《辽宁北票县西官营子北燕冯素弗墓》,《文物》1973年第3期。

［11］何堂坤:《百炼钢及其工艺》,《科技史文集》第13辑,上海科学技术出版社,1985年。

［12］徐州市博物馆:《徐州发现东汉建初二年五十湅钢剑》,《文物》1979年第7期。

［13］柯俊等:《中国古代的百炼钢》,《自然科学史研究》1984年第4期。

［14］刘心健等:《山东苍山发现东汉永初纪年铁刀》,《文物》1974年第12期,科学分析并见文献［9］。

［15］杨宽:《中国土法冶铁炼钢技术发展简史》,上海人民出版社,1960年。

［16］《北堂书钞》卷一二一。

［17］何堂坤:《中国古代铜镜的科学研究》,中国科学技术出版社,1992年。

［18］《中国矿产地一览表》第二卷下,第75页,1942年。

［19］王琎:《中国铜合金内之镍》,《科学》第13卷第10期,1929年。

［20］甘肃省文物考古研究所等:《甘肃民乐县东灰山遗址发掘纪要》,《考古》1995年第12期。

［21］山内淑人等:《古利器の化學的研究》,《東方學報》京都版第11册。

［22］李延祥等:《林西县大井古铜矿冶遗址冶炼技术研究》,《自然科学史研究》1990年第2期。

［23］曾琳等:《苏南地区古代青铜器合金成分的测定》,《文物》1990年第9期。

［24］赵匡华:《我国金丹术中砷白铜的源流与验证》,《自然科学史研究》1983年第1期。

［25］王奎克等:《砷的历史在中国》,《自然科学史研究》1982年第1期。

［26］《道藏》洞神部众术类,总第599册,1924年上海涵芬楼影印本。

［27］梅建军等:《新疆奴拉赛古矿冶遗址砷铜冶炼技术的研究》,《亚洲文明与青铜文化国际学术会议论文摘要》。

［28］孙淑云等:《中国早期铜器的初步研究》,《考古学报》1981年第3期。

［29］唐兰:《中国青铜器的起源与发展》,《故宫博物院院刊》1979年第11期。

［30］《新修大正大藏经》卷一四,第757页。

［31］周卫荣:《黄铜冶铸技术在中国的产生与发展》,《故宫学术季刊》第一八卷第一期,2000年秋。

［32］章鸿钊:《中国用锌的起源》,《科学》第八卷第三期,1923年。

［33］章鸿钊:《再述中国用锌之起源》,《科学》第九卷第九期,1925年。

［34］转引自袁翰青:《中国化学史论文集》第20页,三联书店,1956年。

［35］华觉明等译:《世界冶金史》第153页,科学技术文献出版社,1985年。

［36］李文瑛等:《营盘墓地的考古发现与研究》,《新疆文物》1998年第1期。李文瑛:《鍮石——丝绸之路贸易中的重要商品》,《中国文物报》1997年12月26日。

［37］国家文物局古文献研究室等:《吐鲁番出土文书》第2册第24页、第3册第8页,文物出版社,1981年。

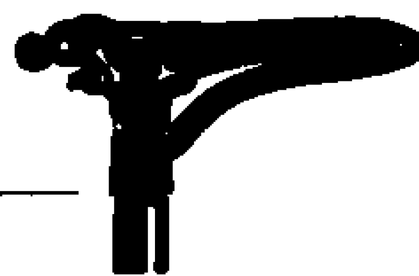
［38］新疆维吾尔自治区博物馆:《新疆吐鲁番阿斯塔那北区墓发掘简报》,《文物》1960年第6期。

［39］参见姜伯勤:《敦煌吐鲁番文书与丝绸之路》第67页、68页,文物出版社,1994年。

［40］岳慎礼:《丹阳铜与鍮石——再论我国黄铜》,《大陆杂志》第26卷第12期,1963年。

［41］转引自李时珍:《本草纲目》卷九“铜锡镜鼻”条。

［42］赵匡华等:《关于我国古代取得单质砷的进一步确证和实验研究》,《自然科学史研究》1984年第2期。



[43] N. Sivin:《ChineseAlchemy: PreliminaryStudies》(1968), P. 180 - 183.
[44] 刘兴:《江苏句容县发现东吴铸钱遗物》,《文物》1983年第1期。
[45] 郑家相:《历代铜质货币冶铸法简说》,《文物》1959年第4期。
[46] 何堂坤:《折花钢工艺简介》,《五金科技》1981年第4期。
[47] 何堂坤:《关于花纹钢及其模拟试验》,《锻压技术》1988年第4期。
[48] 何堂坤:《关于镔铁的产地和工艺》,《中国国学》第25期,1997年,台湾。
[49] 何堂坤:《我国古代的钢铁热处理技术》,《技术史纵谈》,科学出版社,1987年。
[50] 李众:《从渑池铁器看我国古代冶金技术的成就》,《文物》1978年第8期。
[51] 柯俊等:《河南古代一批铁器的初步研究》,《中原文物》1993年第1期。
[52]《太平御览》卷三四五引。
[53] 湖北省博物馆等:《鄂城汉三国六朝铜镜》,图95、96、97,文物出版社,1986年。
[54] 罗宗真:《江苏宜兴晋墓发掘报告》,《考古学报》1957年第4期。
[55] 王林克:《北齐库狄迴洛墓》,《考古学报》1979年第3期。
[56]《道藏》洞神部,众术类,总第593册,卷上第1页。
[57] 任继愈主编:《道藏提要》(社会科学出版社,1991年)引孙诒让云:"《金勺经》,晋宋间人依傅《抱朴子》假托施工为之。"
[58] 李时珍:《本草纲目》卷九"金石・水银"集解引。
[59] 秦烈新:《前凉金错泥篇》,《文物》1972年第6期。

第三节　南方青瓷的发展和北方瓷器的出现

[1] 中国社会科学院考古研究所:《新中国的考古发现和研究》第635页,文物出版社,1984年。
[2] 马志坚:《越窑中心论》,《东南文化》1991年第3、4期合刊。
[3] 中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第137~145页,文物出版社,1982年。
[4] 余家栋:《江西陶瓷考古综述》,《景德镇陶瓷》1989年第1期。
[5] 江西省历史博物馆等:《江西罗湖窑发掘简报》,《中国古代窑址调查发掘报告集》,文物出版社,1984年。
[6]《文物考古工作十年(1979~1989)》第213页,文物出版社,1990年。
[7] 关于湘阴窑的年代见《文物考古工作三十年(1949~1979)》第318页,"湖南省"部分,文物出版社,1979年。关于湘阴窑西晋龙首青瓷灯,见《中国文物报》1997年12月7日第3版,湖南保靖县文物管理所文。
[8]《文物考古工作十年(1979~1989)》第224页、225页,文物出版社,1990年。
[9] 覃义生:《广西出土的六朝青瓷》,《考古》1989年第4期。
[10] 曾凡:《福建南朝窑址发现的意义》,《考古》1989年第4期。
[11] 吴战垒:《东汉熹平年款青瓷盘口壶》,《浙江省文物考古研究学刊》,长征出版社,1997年。
[12] 310国道考古队:《洛阳孟津邙山西晋北魏墓发掘报告》,《华夏考古》1993年第1期。
[13] 中国社会科学院考古研究所洛阳二队:《河南偃师县杏园村四座北魏墓》,《考古》1991年第9期。
[14] 杜玉生:《北魏洛阳城内出土的瓷器与釉陶器》,《考古》1991年第12期。
[15] 山东淄博陶瓷史编写组:《山东淄博寨里北朝青瓷窑址调查纪要》,《中国古代窑址调查发掘报告集》,文物出版社,1984年。

[16] 中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第150页、170页，文物出版社，1982年。

[17] 郭演仪等:《中国历代南北方青瓷的研究》,《硅酸盐学报》1980年第9期。

[18] 李国桢等:《历代越窑胎釉的研究》,《中国陶瓷》1988年第1期。

[19] 李家治:《我国瓷器出现时期的研究》,《硅酸盐学报》1978年第3期。

[20] 李家治:《我国古代陶器和瓷器工艺发展过程的研究》,《考古》1978年第3期。

[21] 陈显求等:《公元六世纪出现的分相釉瓷——梁唐怀安窑陶瓷学的研究》,《硅酸盐学报》1986年第2期。

[22] 凌志达:《我国古代黑釉瓷的初步研究》,《中国古陶瓷论文集》，文物出版社，1982年。

[23] 衢县文化馆:《浙江衢县街路村西晋墓》,《考古》1974年第6期。

[24] 朱伯谦:《从浙江武义出土文物看婺州窑瓷器》,《文物》1981年。

[25] 中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第137~145页，文物出版社，1982年。“成型”见第149~151页，“龙窑”见第152~154页。

[26] 李家治:《原始瓷器的形成和发展》，载《中国古代陶瓷科学技术成就》，上海科学技术出版社，1985年。

[27] 参见叶喆民:《中国古瓷浅说》第33页，轻工业出版社，1982年。

[28] 范凤妹:《吉州窑的彩绘瓷》,《东南文化》1994年增刊1。

[29] 长沙窑课题组:《长沙窑》第235页，紫禁城出版社，1996年。

[30] 陈尧成等:《瓯窑褐彩青瓷的初步研究》,《江西文物》1991年第4期。

[31] 余家栋等:《洪州窑考古发掘的新收获》,《中国古陶瓷研究》第五辑，紫禁城出版社，1999年。

[32] 朱伯谦:《试论我国古代的龙窑》,《文物》1984年第3期。

[33] 熊海堂:《东亚窑业技术发展与交流史研究》第85页、86页，南京大学出版社，1995年。

[34] 周燕儿:《绍兴两处六朝青瓷窑址的调查》,《东南文化》1991年第3、4期合刊。

[35] 万良田:《江西省丰城龙雾州瓷窑调查》,《考古》1993年第10期。杨后礼:《谈洪州窑的历史地位》,《东南文化》1994年增刊1号。另见《中国文物报》1993年5月2日。

[36] 桂林博物馆:《广西桂林窑》,《考古学报》1994年第4期。

[37] 周世荣:《从湘阴古窑址的发掘看岳州窑的发展变化》,《文物》1978年第1期。

[38] 江西省历史博物馆等:《江西丰城罗湖窑发掘简报》,《中国古代窑址调查发掘报告集》，文物出版社，1984年。

[39] 余家栋:《试析洪州窑》,《中国古代窑址调查发掘报告集》，文物出版社，1984年。

[40] 贡昌:《谈婺州窑》,《中国古代窑址调查发掘报告集》，文物出版社，1984年。

[41] 周仁等:《中国历代名窑陶瓷工艺的初步科学总结》,《考古学报》1960年第1期。

[42] 河北省博物馆:《河北平山北齐崔昂墓调查报告》,《文物》1973年第11期。

[43] 石家庄地区文化局:《河北赞皇东魏李希宗墓》,《考古》1977年第6期。

[44]《文物考古工作三十年（1949~1979)》第137页，文物出版社，1979年。

[45] 偃师商城博物馆:《河南偃师南蔡庄北魏墓》,《考古》1991年第9期。

[46] 河南省博物馆:《河南安阳北齐范粹墓发掘简报》,《文物》1972年第1期。

[47] 河南省博物馆:《河南安阳隋代瓷窑址的试掘》,《文物》1977年第2期。该窑址出土了许多青釉、黄釉瓷片和一些窑具。河南省博物馆:《河南文物考古工作三十年》，见《文物考古工作三十年（1949~1979)》，文物出版社，1979年。文中说到了安阳相州窑的发掘，并认为相州窑的最早年代可上溯到北朝时期。

[48] 周到等:《河北濮阳北齐李云墓出土的瓷器和墓志》,《考古》1964年第9期。

[49] 赵青云等:《河南古代陶瓷的科技成就》,《中国古代陶瓷研究》第5辑,紫禁城出版社,1999年。

[50] 张季:《河北景县封氏墓群调查记》,《考古》1957年第3期。

[51] 李知宴:《三国、两晋、南北朝制瓷业的成就》,《文物》1979年第2期。

[52] 赖金明:《洪州窑制瓷工艺的突破成就》,《南方文物》2001年第2期。

[53] 贡昌:《浙江龙游、衢县两处唐代古窑址调查》,《考古》1989年第7期。

第四节　纺织技术之继续发展

[1]《蜀都赋》,昭明《文选注》卷四,唐李善注。文渊阁《钦定四库全书》,台湾商务印书馆版1329-1。

[2]《丹阳记》,转引自《太平御览》卷八一五。

[3]《江表传》,转引自《太平御览》卷八一五。

[4]《蜀志》,转引自《太平御览》卷八一五。

[5]《诸葛亮集》,转引自《太平御览》卷八一五。

[6] 新疆博物馆考古队:《吐鲁番哈喇和卓古墓群发掘简报》,《文物》1978年第6期。"哈喇和卓"的音译名有两种写法,另一种是"哈拉和卓"(见《文物考古工作三十年(1949~1979)》第176页)。本书在正文中今统一写作"哈拉和卓",文献中保持了原样。

[7]《晋书》卷六五"王导传"。

[8] 李仁溥:《中国古代纺织史稿》第75~76页,岳麓书社,1983年。

[9] 石声汉选释:《齐民要术选读本》,农业出版社,1961年。1956年中华书局本《齐民要术》作"用炭易练而丝韧",不作"用盐",疑误。

[10] 羖羊,石声汉《齐民要术选读本》释为黑羊。文献[13]第144页释作山羊,今从后说。

[11] 李遇春:《新疆脱库孜沙来遗址出土毛织物初步研究》,《中国考古学会第一次年会论文集(1979)》,文物出版社,1980年。"孜沙来"的音译名有两种写法,另一种是"孜萨来"(见《文物考古工作三十年(1949~1979)》第180页)。

[12] 赵承泽:《从新疆出土的三件织品谈有关织成的几个问题》,《中国纺织科技史资料》第3集。内部刊物。

[13] 陈维稷主编:《中国纺织科学技术史(古代部分)》第391页,科学出版社,1984年。

[14] 新疆维吾尔自治区博物馆:《吐鲁番阿斯塔那——哈拉和卓古墓群发掘简报(1963~1965)》,《文物》1973年第10期。

[15]《新疆出土文物》,文物出版社,1975年。

[16] 黎瑶渤:《辽宁北票县西官营子北燕冯素弗墓》,《文物》1973年第3期。

[17] 沙比提:《从考古发掘资料看新疆古代的棉花种植和纺织》,《文物》1973年第10期。

[18] 农林部棉产改进处编:《胡竟良先生棉业论文选集》第2~3页,中国棉业出版社,1948年。胡先生谓梵文诗歌中,栽培棉有四个名称:(1) Karpasi;(2) Vadara;(3) Tundikeri;(4) Samudrinta。野生棉则称为:Bhardvdji、Qutn(Katan或Kutun),其语出自希腊拉丁文,原义为麻及单独之细纤维。英文Cotton语出自阿拉伯文的Kutn、Katan或Kutun,原意亦为麻类,而非棉花。

[19] 转引自陈大川:《中国造纸技术盛衰史》第60页,中外出版社,台北,1979年。

[20] 吴震:《介绍八件高昌契约》,《文物》1962年第7、8期。

[21] 新疆文物考古研究所:《新疆尉犁县营盘墓地1999年发掘简报》,《考古》2002年第

6 期。

［22］《南州异物志》，《太平御览》卷八二〇“布”条引。

［23］北魏贾思勰：《齐民要术》卷一〇“木緜”条引。

［24］陈维稷主编：《中国纺织科学技术史（古代部分）》第 149 页，科学出版社，1984 年。

［25］章楷：《我国历史上栽培棉花种类的演变》，《农史研究》第 5 辑，农业出版社，1985 年。

［26］赵承泽主编：《中国科学技术史·纺织史》第 148 页，科学出版社，2002 年。

［27］容观琼：《关于我国南方植棉历史研究的一些问题》，《文物》1979 年第 8 期。

［28］西晋郭义恭：《广志》，引自《太平御览》卷九五六“木部·桐”。

［29］南朝宋沈怀远：《南越志》，转引自李时珍《本草纲目·木部·木棉》。《太平御览》卷八二〇载稍有不同：“《南越志》曰，桂州丰水县有古终藤，俚人以为布。”

［30］钟遐：《从兰溪出土的棉毯谈至我国南方棉纺织的历史》，《文物》1976 年第 1 期。

［31］东晋裴渊：《广州记》云：“蛮夷不蚕，采木緜为絮。”采自《太平御览》卷八二〇“布”条。

［32］《南方草木状》，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第 236 碟。

［33］《吴都赋》，《文选注》第五册，卷五，第 20 页，文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第 428 碟。

［34］陈维稷主编：《中国纺织科学技术史（古代部分）》第 181 页，科学出版社，1984 年。

［35］李崇州：《我国古代的脚踏纺车》，《文物》1977 年第 12 期。

［36］林忠干等：《福建古代纺织史略》，《丝绸史研究》1986 年第 1 期。

［37］陈维稷主编：《中国纺织科学技术史（古代部分）》第 204 页，科学出版社，1984 年。

［38］《南齐书》卷五七“魏虏传”。

［39］《魏书》卷七“高祖纪下”。

［40］武敏：《新疆出土汉—唐丝织品初探》，《文物》1962 年第 7、8 期。

［41］新疆维吾尔自治区出土文物展览工作组：《丝绸之路（汉唐织物）》，文物出版社，1972 年。

［42］陈维稷主编：《中国纺织科学技术史（古代部分）》第 340 ~ 347 页，科学出版社，1984 年。

［43］夏鼐：《新疆新发现的古代丝织品——绮、锦和刺绣》，《考古学报》1963 年第 1 期。

［44］陈维稷主编：《中国纺织科学技术史（古代部分）》第 247 页，科学出版社，1984 年。

［45］陈维稷主编：《中国纺织科学技术史（古代部分）》第 256 ~ 263 页，科学出版社，1984 年。

［46］赵丰：《红花在古代中国的传播、栽培和应用》，《中国农史》1987 年第 3 期。

［47］陈维稷主编：《中国纺织科学技术史（古代部分）》第 272 ~ 278 页，科学出版社，1984 年。

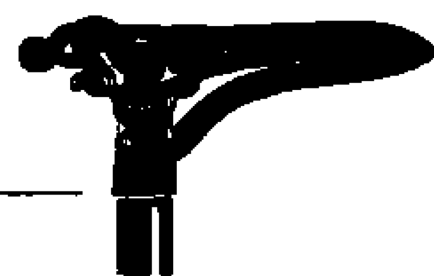
［48］新疆维吾尔自治区博物馆：《丝绸之路上新发现的汉唐织物》，《文物》1972 年第 3 期。

［49］吐鲁番地区文物保管所：《吐鲁番北凉武宣王沮渠蒙逊夫人彭氏墓》，《文物》1994 年第 9 期。

［50］朱龙华：《从“丝绸之路”到马可·波罗——中国与意大利的文化交流》，周一良主编：《中外文化交流史》第 267 ~ 268 页，河南人民出版社，1987 年。

［51］叶奕良：《“丝绸之路”丰硕之果——中国与伊朗文化系》，周一良主编：《中外文化交流史》，河南人民出版社，1987 年。

［52］靳秦泓：《高昌回鹘王国的手工业》，《新疆文物》1997 年第 4 期。



第五节　机械技术的发展

［1］宋兆麟:《唐代曲辕犁研究》,《中国历史博物馆馆刊》总第1期，1979年。

［2］王星光:《中国传统耕犁的产生、发展及演变》,《农业考古》1989年第2期。

［3］金毓黻:《从榆林窟壁画耕作图谈到唐代寺院经济》,《考古学报》1957年第2期。安西榆林窟25号壁画（唐代中期）、敦煌莫高窟61号壁画（宋代）均有二牛抬杠。莫高窟445号窟的曲辕犁壁画也有人认为属于盛唐时期。

［4］王祯:《农书》卷一八“农器图谱·灌溉门”:“翻车，今人谓龙骨车。”王祯且认为马钧和毕岚所作之翻车皆系龙骨车。

［5］徐光启:《农政全书》卷一七。

［6］刘仙洲:《中国古代农业机械发明史》第51页，科学出版社，1963年。

［7］陆敬严、华觉明主编:《中国科学技术史·机械卷》第78页，科学出版社，2000年。

［8］李崇州:《中国古代各类灌溉机械的发明和发展》,《农业考古》1983年第1期。马钧所作“翻车”为高转筒车的观点，是李崇州最先提出的。

［9］《通俗文》，汉服虔撰，一卷，原书失传，清人曾有辑本。今引自元王祯:《农书》卷一九“农器图谱·利用门·机碓”条。

［10］李发林:《古代旋转磨试探》,《农业考古》1986年第2期。

［11］张荫麟:《卢道隆、吴德仁记里鼓车之造法》,《清华大学学报》第二卷第二期，1925年。

［12］王振铎:《指南车、记里鼓车之考证及模制》，原载《史学月刊》第3期；今见王振铎:《科技考古论丛》，文物出版社，1989年。

［13］引自清张澍《诸葛亮集》。

［14］陈从周等:《木牛流马辨疑》，第一届全国技术史学术讨论会论文，1983年，昆明。

［15］李迪、冯立昇:《对“木牛流马”的探讨》,《机械技术史——第三届中日机械技术史国际学术会议论文集》，2002年，昆明。CJICHMT-2002编辑委员会编辑。

［16］刘仙洲:《我国独轮车的创始时期应上推到西汉晚年》,《文物》1964年第6期。

［17］《金楼子》，见文渊阁《钦定四库全书》，台湾商务印书馆版848-791。

［18］王冠倬:《中国古船图谱》第81页，三联书店，2000年。

［19］矩斋:《古尺考》，见《文物参考资料》1957年第3期。

［20］席龙飞:《中国造船史》第85~90页，湖北教育出版社，2000年。

［21］《文选》卷八。

［22］孙机:《床弩考略》,《文物》1985年第5期。该文认为“床弩在我国的发明不晚于东汉”。

［23］南京博物院等:《江苏省出土文物选集》图130，文物出版社，1963年。

［24］王振铎:《葛洪“抱朴子”中飞车的复原》,《中国历史博物馆馆刊》总第6期，1984年。

［25］引自《太平广记》卷四六三“禽鸟四·纸鸢化鸟”。

第六节　造纸技术之推广

［1］转引自陈大川:《中国造纸技术盛衰史》第60页，中外出版社，台北，1979年。

［2］姜亮夫:《敦煌——伟大的文化宝藏》第19~25页，上海古典文学出版社，1956年。

[3] 潘吉星:《敦煌石室写经纸的研究》,《文物》1966年第3期。

[4] 陈大川:《中国造纸技术盛衰史》第75页，中外出版社，台北，1979年。

[5] 吐鲁番文书整理小组:《吐鲁番晋—唐墓葬出土文书概述》,《文物》1977年第3期。

[6] 新疆博物馆考古队:《吐鲁番哈喇和卓古墓群发掘简报》,《文物》1978年第6期。

[7] 晋虞预:《请秘府纸表》，见《初学记》卷二一。

[8]《唐语林》，见《太平御览》卷六〇五。

[9]《桓玄伪事》,《太平御览》卷六〇五。

[10]《全上古三国六朝文・全晋文》卷五一。

[11]《玉屑》，清陈元龙《格致镜原》第十三册，卷三一“朝制类二・伞”条引，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第335碟。

[12]《玉台新咏》，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第428碟。

[13] 潘吉星:《新疆出土古纸研究——中国古代造纸技术史专题研究之二》,《文物》1973年第10期，并见文献[5]。“建初十四年”为年款，但据《中国历史纪年表》所载，西凉“建初”年号只用到了“十二年”。

[14] 潘吉星:《中国造纸技术史稿》第55~58页、74页，文物出版社，1979年。

[15] 《书史》第八页，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第312碟。

[16]《毛诗草木鸟兽虫鱼疏》，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第105碟。《毛诗正义》孔颖达疏引略同。

[17] 李时珍:《本草纲目》卷三六“楮”。

[18] 转引自清陈元龙:《格致镜原》第二十六册，卷六九“附藤”，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第335碟。

[19] 广州象岗汉墓发掘队:《西汉南越王墓发掘初步报告》,《考古》1984年第3期。

[20] 潘吉星:《中国造纸技术史稿》第60~64页，文物出版社，1979年。

[21] 陈大川:《中国造纸技术盛衰史》第67页，中外出版社，台北，1979年。

[22] 戴家璋主编:《中国造纸技术简史》第78~81页、85页，中国轻工业出版社，1994年。

[23] 潘吉星:《中国造纸技术史稿》第174页、177页、182页，文物出版社，1979年。

[24]《世说新语》，引自《太平御览》卷六〇五“文部・纸”。文渊阁《钦定四库全书》本的《世说新语》无抄纸之说，其卷下之上“巧艺”第二十一载:“戴安道就范宣学，视范所为，范读书亦读书。”其余文字大体相同。当然，对“抄纸”二字也可有不同理解，从上下文看，是既可理解为抄纸工艺，亦可理解为抄书的；可进一步研究。

[25]《通俗文》，引自《太平御览》卷六〇五。

[26] 矩斋:《古尺考》,《文物参考资料》1957年第3期。

[27] 陈志蔚等:《中国书画用纸的演变》,《纸史研究》1995年第13辑。

[28] 后蜀彭晓:《周易参同契通真义》卷下第5页，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第338碟。

[29] 宋王楙:《野客丛谈》，引自《格致镜原》第十六册，卷三七，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第335碟。

[30]《梁简文帝啟》，引自《格致镜原》第十六册，卷三七“文具类一・纸・纸色”，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第335碟。

[31] 宋米芾:《十纸说》，引自《格致镜原》第十六册，卷三七，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第335碟。



[32] 宋董逌：《广川书跋》（第三册）卷六，第16页，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第312碟。

第七节 雕版印刷的发明

[1] 中国社会科学院考古研究所:《殷墟发掘报告（1958~1961）》第165页，文物出版社，1987年。

[2] 丘光明:《中国历代度量衡考》，科学出版社，1992年。

[3]《淮南子》卷一一"齐俗"。《诸子集成》第十册第173页，河北人民出版社，1986年。

[4] 洛阳市文物工作队:《1975~1979年洛阳北窑西周铸铜遗址的发掘》，《考古》1983年第5期。

[5] 山西省考古研究所:《侯马铸铜遗址》，文物出版社，1993年。

[6] 湖南省博物馆:《湖南出土铜镜图录》第7页，文物出版社，1960年。

[7] 梅原末治:《支那考古学论考·汉以前の古镜》，弘文书房，1938年。

[8] 李正光:《略谈长沙出土的战国时代铜镜》，《考古通讯》1957年第1期。

[9] 何堂坤:《中国古代铜镜的技术研究》，紫禁城出版社，1999年。

[10] 容庚:《商周彝器通考》上，第158页，哈佛燕京学社，1941年。

[11] 河南省文物研究所:《南阳北关瓦房庄汉代冶铁遗址发掘报告》第69~70页，《华夏考古》1991年第1期。字范7枚，其字为阴文，惜笔画残缺，产品当属青铜质，阳文。原报道说另有印章模1枚，长方立柱形，上大下小，顶部有拱形钮，钮中有半圆形钮芯，长5.9厘米、宽4.5厘米、通高5.5厘米；但其上未见文字。

[12] 于省吾:《双剑誃古器物图录》第二册，1940年。

[13] 周晓陆等:《秦代封泥的重大发现》，《考古与文物》1997年第1期。

[14] 卡特:《中国印刷术的发明和它的西传》第30页，商务印书馆，1957年，吴泽炎译。卡特认为:《后汉书·蔡邕传》中的"咸取正焉"系指拓印言。

[15] 柳毅:《中国的印刷术》第81~82页，94~99页，科学普及出版社，1987年。

[16] 王国维:《魏石经考》，载《观堂集林》卷二〇。

[17] 何延之:《兰亭记》，见唐张彦远：《法书要录》第二册，卷三，第39页，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第312碟。

[18] 韦应物：《石鼓歌》，（康熙四十二年）《御定全唐诗》第五十一册，卷一九四，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第438碟。

[19] 李兴才:《应从大印刷史观研究中国印刷史》，《中国印刷史学术研讨会文集》，印刷工业出版社，1996年。

[20] 凌纯声:《树皮布印花与印刷术发明》，《中央研究院民族学研究专刊》之三，第103页、104页、154页，台北，1963年（转引自李兴才文）。

[21] 宋育哲:《孔版印花的起源与印刷术的发明》，见《中国印刷史学术研讨会文集》，印刷工业出版社，1996年。

[22] 罗树宝:《中国古代印刷史》第60~61页，印刷工业出版社，1993年。

[23] 张秀民:《中国印刷史》第18~19页，上海人民出版社，1989年。

[24] 方晓阳:《〈南齐书〉新出印刷史料之辨证》，《中国印刷》2001年第2期。

[25] 张秀民:《中国印刷术的发明及其对亚洲各国的影响》，见《张秀民印刷史论文集》，印刷工业出版社，1988年。

[26] 张秀民:《中国印刷史》第21页，上海人民出版社，1989年。

[27] 吉敦谕:《中国雕版印刷发明年代辨误》,《历史教学》1979 年第 4 期。

[28] 孙机:《唐代的雕版印刷》,《文物天地》1991 年第 6 期。

第八节　髹漆技术

[1] 安徽省文物考古研究所等:《安徽马鞍山东吴朱然墓发掘简报》,《文物》1986 年第 3 期。

[2] 江西省历史博物馆:《江西南昌市东吴高荣墓的发掘》,《考古》1980 年第 3 期。原报道说:所出漆器为木胎,有的木胎外再贴麻布;又说出土有漆盒 2 件,为脱胎漆器。

[3] 安徽省文物工作队:《安徽省南陵县麻桥东吴墓》,《考古》1984 年第 11 期。

[4] 山西大同市博物馆:《山西大同石家寨北魏司马金龙墓》,《文物》1972 年第 3 期。

[5] 王世襄:《髹饰录解说》第 89 页,文物出版社,1983 年。王世襄解说。

[6] 王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。王世襄解说,黄成原文,杨明注,王世襄释,皆见第 170 页。

[7] 王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年。王世襄解说,黄成原文,杨明注,王世襄释,皆见第 65 页。

[8] 唐法林:《辩证论》卷三〇,嘉兴藏,万历刻本。

[9]《全上古三代秦汉三国六朝文》"全梁文"卷一四。

[10] 晋陆翙:《邺中记》,见文渊阁《钦定四库全书》抄本,武汉大学出版社电子版第 223 碟。

[11] 王世襄:《中国古代漆工杂述》,《文物》1979 年第 3 期。

[12] 袁荃猷:《谈犀皮漆器》,《文物参考资料》1957 年第 7 期。

[13] 黎瑶渤:《辽宁北票县西官营子北燕冯素弗墓》,《文物》1973 年第 3 期。

[14] 转引自文献 [5],第 105 页。

第九节　玻璃技术

[1] 河北省文化局文物工作队:《河北定县出土北魏石函》,《考古》1966 年第 5 期。

[2] 安家瑶:《中国的早期玻璃制品》,《考古学报》1984 年第 4 期。

[3] 安家瑶:《中国的早期(西汉—北宋)玻璃器皿》,《中国古玻璃研究(1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集)》,中国建筑工业出版社,1986 年。

[4] 建筑材料研究院等:《中国早期玻璃器检验报告》,《考古学报》1984 年第 4 期。

[5] 北京市文物工作队:《北京西郊西晋王浚妻华芳墓清理简报》,《文物》1965 年第 12 期。

[6] 安家瑶:《北周李贤墓出土的玻璃碗》,《考古》1988 年第 2 期。

[7] 袁俊卿:《南京象山 5 号、6 号、7 号墓清理简报》,《文物》1972 年第 11 期。

[8] 黎瑶渤:《辽宁北票县西官营子北燕冯素弗墓》,《文物》1973 年第 3 期。

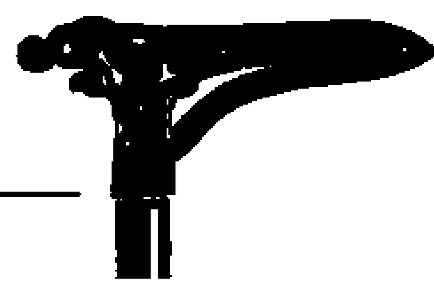
[9] 宁夏回族自治区博物馆等:《宁夏固原北周李贤夫妇合葬墓发掘简报》,《文物》1985 年第 11 期。

[10] 李文瑛等:《营盘墓地的考古发现与研究》,《新疆文物》1998 年第 1 期。

[11] 中国社会科学院考古研究所:《北魏洛阳永宁寺 1979～1994 年考古发掘》,中国大百科全书出版社,1996 年。

[12] 安家瑶:《玻璃考古三则》,《文物》2000 年第 1 期。

[13] 干福熹、黄振华:《中国古玻璃化学组成的演变》,《中国古玻璃研究(1984 年北京国



际玻璃学术讨论会论文集)》，中国建筑工业出版社，1986 年。

[14]《太平御览》卷八〇八“珍宝部七”。

[15] 安家瑶:《魏晋南北朝玻璃技术》，载干福熹主编:《中国古代玻璃技术的发展》，上海科学技术出版社，2005 年。

[16] 蒋玄佁:《古代的琉璃》，《文物》1959 年第 6 期。

[17] 杨根等:《古代建筑琉璃釉色考略》，《自然科学史研究》1984 年第 4 期。

[18] 朱晟:《中国玻璃考》，《中国科技史料》1983 年第 1 期。

[19]《汉书·西域传》“罽宾国”条，注引三国魏孟康云。

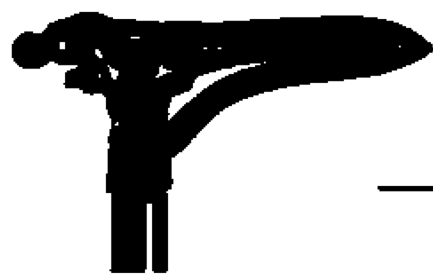
[20]《汉书·西域传》“罽宾国”条，颜师古引《魏略》注。并见《太平御览》卷八〇八“珍宝部七”。

[21] 北魏杨炫之:《洛阳伽蓝记》第二册，卷四，第 12 页，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第 235 碟。

[22] 西晋潘尼:《潘太常集》“琉璃椀赋”，《续修四库全书》第 1584 册，第 579 页。

[23] 晋王嘉:《拾遗记》卷八，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第 336 碟。

[24] 南朝宋刘义庆《世说新语》第六册，卷下之下第 52 页“纰漏三十四”，见文渊阁《钦定四库全书》抄本，武汉大学出版社电子版第 335 碟。



第五章

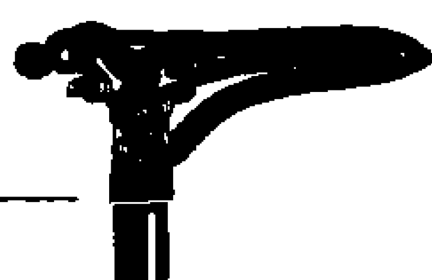
隋唐五代手工业技术的发展

北周大定元年（581 年），职掌北周军政大权的外戚杨坚结束了北周政权，建立隋朝（581～618 年），定都长安。开皇九年（589 年），隋军南下灭陈，结束了自汉末以来长期混战、分裂的局面，我国又进入了一个相对统一、稳定的阶段。杨坚建国后，在政治和经济上采取了一系列进步措施，整顿国家机构，在中央确立三省六部制，在地方实行州、县两级制；六部之建自此成为定制，一直延续到清末；创立科举制；抑制和打击豪门大族；减轻刑罚和徭役，实行均田制、租庸调法；厉行节俭等；从而出现了一度繁荣。但为期短暂，继位的隋炀帝荒淫无度，沉缅酒色，遂使隋王朝在农民起义的风暴中灭亡，历时 37 年。

在反隋的割据势力中，李渊是起兵较晚的，他凭借各种优势，最后扫灭群雄，统一了全中国，建立了我国历史上著名的唐王朝（618～907 年）。李渊时期，国家逐步统一，社会逐渐安定下来，并采取过不少进步措施，但经济尚未恢复；玄武门之变，李渊次子李世民登极，他采取了一系列巩固政权的措施，改革中央和地方官制，利用贤能；发展庠序，改革科举，史称“贞观之治”。隋、唐两代对完善我国古代官制起了决定性作用，并使宰相由个人担任变成了集体担任。其时实行均田制、轻税薄赋，减省国用，与民休息；改革军事制度；修订《唐律》，完善法制；促进民族团结；使农业、手工业、商业都得到了较大发展。司马光在《资治通鉴》卷一九二说：唐太宗“去奢省费，轻徭薄赋，选用良吏，使民衣食有余”。唐玄宗开元年间，也实行过一些改革，但他后期不问政事，酿成“安史之乱”，使唐由盛而衰。唐代后期，由于政治腐败，人民不堪忍受，终于暴发了黄巢起义。黄巢起义失败后，出现了藩镇割据，唐帝国名存实亡，后为宣武节度使朱温所代。唐亡，历时 289 年。

接着，我国又进入了一个分裂、混乱的五代十国时期。“五代”是指相继占据中原的五个王朝，名为五代，实是八姓。“十国”指南方、北方十个较大的割据政权，一些较小的割据势力尚不包括在内。各割据势力互相混战，耗尽了民脂民膏，“天下编氓，殆无膏血”，尤其是中原地区。南方稍见稳定，十国之中，唯吴越稍见繁荣。五代十国历时只有 53 年，一个个皆如走马灯般，匆匆而过。

唐代是我国古代手工业的一个繁荣期，无论是生产规模、生产技术、产品的种类和质量、管理技术，都达到了一个新的高度。采矿、陶瓷、纺织印染、机械、造纸、印刷、玻璃、火药、指南针等技术都取得了较大的成就，其中许多发明，



对世界文明的继承和发展都曾产生过重要的影响。

第一节 采矿技术的繁荣

隋、唐是我国古代采矿业大发展的阶段，主要表现是开采地点增多，规模普遍扩大，不管金属矿中的金、银、铜、铁，还是非金属矿的盐等都是这样，其中的大口井采盐技术已达到了古代世界最高水平。

一、铜铁矿开采技术之发展

唐代金属开采量较大。《新唐书》卷五四“食货志”在谈到当时金属矿的数量和分布时说：凡银、铜、铁、锡之冶168处，其中又以铁冶和铜冶为众，产量也较大。据《新唐书·地理志》载，全国“有铁”之所计104处，“有铜”之所计约62处[1]。“有铁”之所主要分布于今四川、山西、陕西、河北，以及福建、山东、湖北、湖南、江苏、江西、浙江、广东、河南等地。“有铜”之所主要分布于今山西、安徽、浙江、江西、福建、湖南、四川等省。其大体可分为5大区系：

1. 今山西一带。主要是平陆、解县（今解州）、曲沃、闻喜、盂县、五台、阳城、翼城、黎城等。这一地区的采铜业大约是汉代以后才逐渐发展起来的。《新唐书》卷三八“地理志·陕州·平陆”条原注：平陆“有银穴三十四，铜穴四十八，在覆釜、三锥、五冈、分云等山”。此“穴”，显然是指矿坑、矿场。同书卷三九“河中府”条载，解县“有盐池……有铜穴十二”。同书同卷“绛州”条载，曲沃“有铜”，翼城“有铜有铁”，闻喜“有铜穴”。同卷“太原府”条载，盂县“有铜有铁”。“代州”条载，五台“有银有铜有铁”。“新州”条载，黎城“有铜”。“泽州”条载，阳城“有铜有锡有铁”。

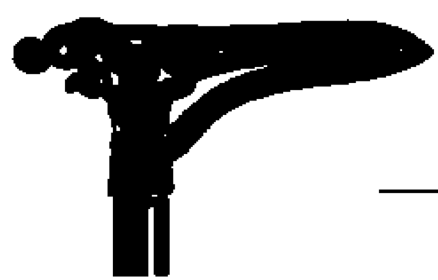
2. 长江中下游的汉丹阳一带，包括安徽、浙江、江苏的部分地区，从先秦到唐代，这都是我国的重要产铜地。如《新唐书》卷四一“地理志”载：宣州当涂“有铜有铁”；池州秋浦（今贵池）“有银有铜”，青阳“有铜有铁”，南陵利国山“有铜有铁”；扬州江都“有铜”，六合“有铜有铁”，天长“有铜”；宣州上元“有铜有铁”，句容“有铜有矾”，溧水“有铜”，溧阳“有铜有铁”；苏州吴县包山“有铜”；湖州安吉“有铜有锡”。

3. 长江中游的湖北、江西一带。自先秦起，一直是我国的重要产铜地。如《新唐书》卷四一载：鄂州武昌县（今湖北鄂州市）“有银有铜有铁”，永兴“有铜有铁”；洪州豫章“有铜坑一”；江州寻阳（今江西九江）“有铜有铁”，彭泽“有铜”；饶州鄱阳郡“有铜坑三”，乐平“有金有银有铜有铁”；袁州宜春郡“有铜坑一”。

4. 今四川、云南一带。这一带早在先秦便已采铜，四川汉代的铜铁采冶业都较发达，迄唐依然如此。《新唐书》卷四二“地理志”载：邛州“临邛，紧有铜有铁”①；巂州越巂郡土贡麸金，雅州卢山郡土贡麸金，卢山“有铜”，荣经“有铜

---

① “紧”，县邑的一个等级。《文献通考》卷一〇“户口”：“周广顺三年敕：‘天下县邑素有等差，三千户以上为望县，二千户以上为紧县，一千户以上为上县。’”



有金"①。

5. 今山东莱芜一带。汉代以前，山东一带便曾产铜产铁。迄唐依然未歇。《新唐书》卷三九"地理志·兑州"载：莱芜"有铁冶十三，有铜冶十八，铜坑四，有锡"。又，"沂州"条载，沂水"有铜"。

此外，见于《新唐书·地理志》的"有铜"处还有不少，不再一一列举。《新唐书·食货志》在谈到铸钱炉时，说唐开元"天下炉九十九，绛州（治今山西新绛县）三十，扬（治今扬州）、润（治今镇江）、宣（治今安徽宣城）、鄂（治今湖北武昌县）、蔚（治今河北蔚县）皆十，益（治今成都）、邓（治今河南邓县）、郴（治今湖南郴县）皆五，洋州（治今陕西洋县）三，定州（治今河北定县）一。每炉岁铸钱三千三百缗"[2]。可见山西绛州铸钱炉是最多的。这铸钱地一方面固然与该处的政治、经济地位有关，另一方面，也是与产铜量有关的。

唐代金属矿开采遗址虽见有多例，但多数保存不是太好，尤其是铁矿，不少都是露天开采的。

1986年，山东莱芜市发现34处汉至明代的采铁冶铁遗址，其中属于唐代的铁矿开采遗址计2处，即莱芜市羊里镇的西温石遗址、泰安郊区的峋峪遗址；属于唐宋的计2处，即泰安郊区的柴庄遗址，莱芜市的赵庄遗址。这4处遗址中，西温石遗址属露天开采，深度约25米。在距地表25米的地层内，可见古代朽木和采矿后填入的淤泥。1975年以来，古矿区内多次发现古人的生活用器和采矿工具，如瓷碗、瓷壶、铁镐、瓷注、木锨等[3]。

20世纪70年代中期，人们对河南林县石村东山唐宋铁矿开采遗址作过一次调查，在地表10米以下发现一条长100多米的古矿洞，矿洞为南北向，在南半段洞内有18个支洞，矿洞断面呈圆角三角形，高1.8米、宽1.5米，不见支护痕迹。伴出物有黑釉瓷碗、瓷片，以及重达15千克的铁锤[4]。

1986年，安徽南陵大工山北坡清理一处隋唐铜矿开采遗址，有竖井、斜井、平巷、斜巷等。竖井和斜井以围岩为井壁，无木架支护，竖井横断面为长方形，宽约0.9米，深约10米。斜井断面为圆形，直径0.9~1.0米，倾角约70°~80°。竖井与平巷是相通的。平巷断面近于方形，残长9米，残高1.0米以上，有木柱支护的残迹，井壁较为光滑整齐。斜井为方框支护法，立柱为圆木，直径约15~20厘米，高150厘米以上；柱顶为人工砍凿成的叉形；立柱底下有梁，上有横梁；框架之间用直径为7~10厘米的松木排成顶棚。斜巷内见有大量回填物。断代依据大约是黄釉矮圈瓷碗等[5]。可见此开采技术未必较先秦两汉高。

1987年，南京九华山发现一处唐代采铜冶铜遗址，其中有4个古代采矿场，

---

① 此县之名今称"荥经"，但文献中多称"荣经"。《新唐书》卷四二"地理志"、《旧唐书》卷四一"地理志"、《元和郡县志》皆作荣经，这在文渊阁《钦定四库全书》抄本（武汉大学出版社电子版）中显示得尤为清晰。之后，《宋史》"地理志"、《明一统志》、《明史》"地理志"、乾隆《四川通志》卷二"建置沿革"，以及《清史稿》"地理志"皆作荥经；《辞海》（1980年版）的"雅州"条亦作荥经，《辞源》（1979~1983年版）设有"荥经"县专条。在笔者看到过的出版物中，唯《中国地图册》（中国地图出版社，2001年）示为荥经。2008年8月，笔者曾多次打电话到荥经县请教，承一位先生相告：该县之名原叫荣经，明代洪武十三年（1380年）改为荥经，此说当有所本。



皆地下开采，有竖井、平巷、斜巷、盲井，以及通风用的天井。4个采场中，以4号采场空间最大，长23米、宽20.6米，最高处达5米。采场顶部及壁面有较多的弧形凹面，当是古人采掘矿石后留下的工作面。有的工作面下留有古人开凿时搭设的木结构工作台及框架残件。框架有较粗的立柱，长达1.1米，宽0.2米；立柱上方有较长的横梁，长达1.7米。采掘的基本方法是从上往下，沿富矿带的走向作业。具体做法是：工人从平巷进入一个新采区时，逐渐向上下和四周扩展，以扩大开掘面，并形成掌子面（工作面），之后再由天井解决通风问题。因其依矿脉开掘，所以会形成不规则、上下叠加的几个采场空区。从整个采场情况看，时人已能依据地质构造，合理利用板块结构，一方面最大限度地采尽石英闪长斑岩，及石英岩与贫矿石之间的富矿带，另一方面也能利用这种结构，采用空场留柱、分层切割、回填等方法，保证了采空区的牢固性。开掘过程中，采富丢贫，保留一些岩石和矿石作为岩矿柱，起支撑作用。矿石主要是黄铜矿，偶见斑铜矿、辉铜矿。从物相分析看，铜的原生硫化矿占88.69%，次生硫化矿占6.01%，氧化矿占5.3%。矿区铜的品位一般为0.5%～1.5%，最高达16.65%。当时所采主要是品位较高者，品位常达8%。依据采场内木支护样品的^{14}C年代测定，并树轮校正，距今约为1320±55年，属唐代初期；但依据有关考古实物综合判断，当属唐代中晚期。伴出物有：木质的框架提升器、木钩、竹器、瓷器等[6][7]。

1970～1979年，浙江淳安铜山发现一处唐代矿冶遗址，计有老硐4处，以及摩崖石刻、冶炼遗址和矿渣堆等。这是个铜、铁、锡、铍等多种金属的共生矿，硐之水平深度约60～70米，最深处有100余米。铁矿体最厚处达10.79米，平均水平厚度5.95米，平均品位TFe32.88%。铜矿有氧化铜、结合型氧化铜、硫化铜3种。氧化铜矿体平均厚度为3.58米，平均品位1%。其锡矿体包括胶态锡、锡石、硫化锡三种，平均含锡品位0.39%。从4处古硐遗址看，古人的开采方法是探、采结合，通常是先露采，再坑采；其井巷有竖井、斜井、平巷等开拓法。巷道常追随较富的氧化矿而掘进，有矿则进，无矿停，随矿脉走向而变化。矿区工程地质条件较好，大部分巷道无需支护，只有少数地区留有支护架残木等物，估计古人是采用了边采掘边支护的办法。摩崖石刻题记为阴刻直行楷书："大唐天宝八年（749年），开山地取铜，至乾元元年七月，又至大历十年十右二月再采，续至元和四年(804年)"。计4行35字。可知其前后开采了约60年。铜山遗址与皖南为邻，秦属鄣郡为歙县所辖，汉元狩时改鄣郡为丹阳郡，淳安属之[8]。

唐代采矿技术中大约也使用过火爆法，这可由水利建设中找到旁证。《新唐书》卷五三"食货志"载："（显庆）二十九年，陕郡太守李齐物凿砥柱为门以通漕，开其山颠为挽路，烧石水沃醯而凿之。"唐《朝野佥载》卷二："杨务廉孝和时，造长宁安乐宅，仓库成，特授将作大将，坐赃数十万，免官。又上章奏：闻陕州三门凿山烧石，岩侧施栈道。"因采矿业在旧日不受人重视，有关记载较少，故类于火爆法等技术也就很难在采矿文献中看到。

二、黄金开采技术的发展

（一）砂金开采技术之发展

原生脉金风化后，就会破碎成粒状、片状、末状，由于风力、水力的机械搬

运作用，遂形成了金砂矿床；加之化学、物理化学，以及生物的作用，使金在沉积过程中又发生了一些不同程度的聚集，从而形成了许多大小不同的颗粒。早在汉代，狐刚子对金的产状便有了“或在水中，或在山上”的说法，对其形态则有“如麸片、棋子、枣豆、黍粟等状”的描述；魏晋南北朝时，有关记载依然不断。王隐《晋书》卷二“地道记”载：“鄱阳郡安乐出黄金，凿土十余丈，披沙之中，所得者大如豆，小如粟米。”[9]这是一种平地掘得之金。《魏书·食货志》载：“汉中旧有金户千余家，常于汉水沙淘金。”这是水沙金。唐代文献提到较多的是麸金，据《新唐书·地理志》卷四二载，剑南道多数州皆贡金，基本上都是麸金；五代又出现了瓜子金、马蹄金等名。后世又依其粒度分别称之为狗头金、马蹄金、瓜子金、麸金等。人类古代所采之金主要是砂金，1850年以前，其占世界总产量的98%。隋唐五代时，有关砂金开采的记载明显增多，一定程度上反映了这一技术的发展。

砂金开采法主要是淘洗法，“水砂金”在河中淘洗，“山砂金”则在山涧或蓄水坑中淘洗。唐樊绰《蛮书》卷七“云南管内物产”条载：“生金，出金山及长傍诸山、藤充（腾冲）北金宝山。土人取法：冬春间先于山上掘坑，深丈余，阔数十步；夏月水潦降时，添其泥土入坑，即于添土之所沙石中披拣。有得片块，大者重一斤或至二斤，小者三两、五两，价贵于麸金数倍。”这里说的便是山砂金，挖坑蓄水淘金，手选与淘洗并用。同书又说：“麸金出丽水，盛沙淘汰取之。”这说的便是河中淘洗的水沙金。

隋苏玄明《宝藏论》也有淘洗砂金的记载，其云：“麸金出五溪汉江，大者如瓜子，小者如麦……山金出交（今越南）广（今广西）、南韶（诏）诸山，衔石而生。马蹄金乃最精者，二蹄一斤。毒金即生金，出交广山石内，赤而有大毒”。[9]这里提到的麸金、瓜子金、麦金、马蹄金，皆为自然金粒或金块；此“山金”、“出交广山石内”的生金，含义不甚明晰，可能也是指山砂金。关于生产脉金的较为明确的记载是到了宋代才看到的。五代赵崇祚《花间集》引唐薛昭蕴《浣溪沙》其八还谈到过越女淘金，云“越女淘金春水上，步摇云鬟鸣瑲，渚风江草又清香”。

唐陈藏器《本草拾遗》还谈到过一种俗称“纷子石”的伴金石。说：“常见人取金，掘地深丈余，至纷子石，石皆一头黑焦，石下有金，大者如指，小者犹麻豆，色如桑黄，咬时极软，即是真金。夫匠窃而吞者，不见有毒。其麸金出水沙中，毡上淘取，或鹅鸭腹中得之。”[10]此挖地所得之金，当属山砂金；“出水沙中”的麸金，则为水砂金；毡上淘取者，看来是粒度更细的糠金，用毡更有利于它的附集。“纷子石”，而从现代矿床学看，应是脉金矿床中与金相伴的矿物，可能是石英、黄铁矿、黄铜矿、辉银矿，或者黝铜矿、方铅矿、闪锌矿；古人看到的色态，应是黑色、灰黑色浸染体或斑点状细粒的集合体；纷子石的发现，说明人们在采金技术上，已积累了相当丰富的经验。

（二）关于脉金和“黄银”

金矿分砂金和脉金两种，前者之采甚早，后者始于何时，学术界则一直持有不同看法。其中一种观点认为其始于隋唐时期，主要理由是：



（1）唐陈藏器《本草拾遗》谈到过纷子石。既然如此，便说明开采了脉金，而不再是砂金。

（2）唐代文献中出现了“黄银”一词，而这黄银便是银金矿[11][12]，因原生银金矿床是属于脉金矿的。

“黄银”一词在唐代文献中曾见于《元和郡县志》等处，其卷一三“莱州·昌阳（今莱阳）县”载:“黄银坑在县东一百四十里，隋开皇十八年，牟州（治今山东牟平）刺史辛公义于此坑冶铸得黄银，献之；大业末、贞观初，更沙汰得之。”“莱州（掖县），开元贡黄银。”说明隋唐时期，昌阳（山东莱阳）、牟州（山东牟平）已开采了银金矿。

黄银即金银矿，即脉金，有关史料在明代文献中曾见于《龙泉县志》。（乾隆）《浙江通志》卷一〇七“物产七·温州府”引《龙泉县志》说黄银即淡金，并对其舂碓、浮选过程作了较好的描述。这一点，第八章还要谈到。

从这些情况看，我们认为将古代文献中的“黄银”理解为金银矿，及致脉金，都有一定道理，但尚不能最后定论，因有的文献还可作另外的理解：

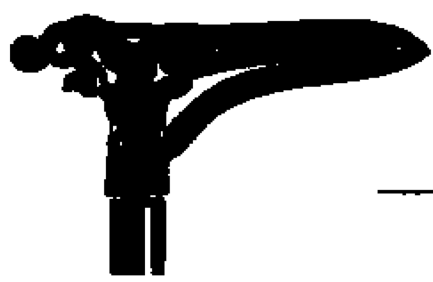
1. 与纷子石伴出者未必都是脉金。如唐陈藏器云：纷子石下有真金，其大者如指，小者如麻豆，咬时极软。显然，此与纷子石伴出者应当是砂金，而不是脉金。又，宋《重修政和经史证类备用本草》卷四“金屑”条引《本草衍义》云：“颗块金即穴山或至百十尺，见伴金石，其石褐色，一头如火烧黑之状，此定见金也。其金色深，赤黄”。显然，这种伴金石下赤黄色之金也不是脉金，而应是块金。

2. “黄银”未必都与脉金有关。“黄银”之说约始见于隋①。《隋书》卷七三载：酷吏辛公义迁牟州刺史，“时山东霖雨，自陈汝至于沧海，皆苦水灾……山出黄银，获之，以献。诏水部郎娄崩就公义祷焉；乃闻空中有金石丝竹之响”。此说黄银的出现与水灾有关。又，宋程大昌《演繁露》卷七载:“隋高祖时辛公义守牟州，州尝大水流出黄银”。这说得更为明确，说“黄银”是大水流出的，当为自然金块。再，前引《元和郡县志》先说了辛公义在牟州冶铸得黄银，紧接着又说“大业末、贞观初更沙汰得之”。此强调的是“沙汰”，而不是先“破碎”后“沙汰”。依此，牟州隋唐时期的“黄银”肯定是有砂金的，虽不能排除脉金的可能性。实际上，山东金矿是既有砂金，也有脉金的。

3. 说“黄银”为银金矿，这是现代研究者的一种看法，古人也有说它是黄铜的。宋程大昌《演繁露》卷七所载，唐太宗先赐房玄龄之黄银带，其实就是鍮石，即黄铜；接着，程大昌还谈了一番真鍮和假鍮的区别，说天然自生者为真鍮，以炉甘石煮成者为假鍮。我们知道，山东是存在铜锌共生矿的，故不能完全排除隋或唐

---

① 往日曾有学者把“黄银”的出现时间推到了汉晋，这是值得研究的。方以智《通雅》、陈元龙《格致镜原》引《山海经》云:“皋涂山多黄银”。张澍《蜀典》亦引《山海经》晋郭璞注:“黄银出蜀中，与金无异，但上石则色白。”依此，“黄银”一词似汉晋或稍前便已出现。但今查，《山海经·西山经》载:“皋涂之山……其阴多银、黄金”。并未说到黄银。《蜀典》引晋郭璞之注，为今本所不见。对于这些资料，章鸿钊早在《石雅》（第326页）中已辨其误；黄盛璋《唐代矿冶知识与技术的发展》（《中国图书文史论集（下篇）》）也引用了章鸿钊的说法，并与之持了同样观点。看来，说“黄银”始见于隋还是比较可靠的。



时，曾用共生矿冶炼过黄铜的可能性。所以，即使浙江明代黄银可定为银金矿，但也不能排除莱州隋唐黄银为黄铜的可能性。

总之，古代文献虽然透露了隋唐开采脉金的种种讯息，但仍须进一步查证，眼下尚不能定论。

三、煤炭使用范围的扩展

隋唐五代时期，煤炭的开采和使用都进一步推广开来，其不但使用于手工业和日常生活中，而且还用到了防潮和医药中；尤其值得注意的是，炼焦技术也开始萌芽。此外，人们还把石炭用到了火药技术中，有关情况本章第八节再谈。

唐代诗人李峤咏《墨》诗云："长安分石炭，上党结松心。"[13]这第一句说明当时长安用煤已较普遍；第二句则说明唐代制墨时，上党松心是最佳的原料；李诩《戒庵老人漫笔》卷七"笔墨"条载："古墨以上党松心为烟。"段成式《酉阳杂俎》卷一〇"物异"载："石墨，无劳县山出石墨，爨之弥年不消。"此"石墨"当即石炭。一些地质矿产部门认为，山西太原的西山煤田、辽宁烟台煤矿、山东淄博和枣庄煤矿，唐宋时代都已开采。

1958年，山西长治市还发现一处用煤隔水防潮的设施，它是唐代用来存放舍利棺的。出土时，舍利置于金属盒中，金属盒放在方形石函内。石函高55厘米、长66厘米、宽55厘米，石函置于一个土坑内，土坑底面积约1米^2，深1米，坑内填满了煤炭[14]。这说明早在唐代，人们对煤的隔水、防潮性能已有一定的认识。

唐时，人们对煤的药用价值也有了一定的了解。柳宗元《答崔黯书》曾说过这样一件事："吾见病腹，人有啖土炭嗜碱酸者，不得则大戚。"[15]土炭，煤的别名。明《本草纲目》卷九"石炭"条也谈到过用煤可治疗腹中积滞。配方是："乌金石，即铁炭也，三两，自然铜为末；醋熬，一两。当归，一两。大黄、童尿浸晒，一两，为末。每服二钱、红花酒一盏、童尿半盏，同调。"这里的药味较多。李时珍还说煤可治疗金疮出血，方法是："急以石炭末厚傅之，疮深不宜急合者，加滑石"。用吃煤来治病的现象，个别地区在20世纪后半叶还存在。

在长期接触和使用的基础上，炼焦技术亦已萌芽。唐人康骈《剧谈录》卷下"洛中豪士"载："（唐）乾符中，洛阳有豪贵子弟，承藉勋荫，物用优足，恣陈锦衣玉食……凡以炭炊饭，先烧令熟，谓之炼火，方可入爨。不然，犹有烟气难餐。"[16]此"炼火"，显然是将石炭炼熟，而不是将木炭炼熟，炼熟了的石炭便是焦炭。虽此炼炭工艺不得而知，但它至少是我国炼焦技术的前身和萌芽。

四、大口井采盐技术达最高水平

汉代以后，大口井采盐技术进一步发展，唐代便发展到了鼎盛阶段，凿井区域扩大、井数增加、井深增加、单井产量增长。我国古代井盐首盛于四川，迄唐，产盐之井遍及60余县，盐井数达640所[17]。《通典》卷一〇"食货"载，开元年间，"蜀道陵绵等十州，盐井总九十所"。同时，云南也已凿井采盐，唐樊绰《蛮书》第七"云南管内物产"云："安宁城内皆石盐，井深八十尺。城外又有四井，劝百姓自煎"。这是今见文献中，关于云南井盐较早且较为明确的记载。唐代还出现了一些规模较大的盐井，李吉甫《元和郡县志·剑南道下·泸州》载："富义县盐井在县西南五十步，月出盐三千六百六十石"。其中最值得注意的是陵井（在今



四川仁寿县境），多种文献都有记载，其不但深度较大，且各项操作技术都达到了相当高的水平。

《元和郡县志》卷三四“剑南道三·陵州”载：“陵井纵广三十丈，深八十余丈。益都盐井甚多，此井最大。以大牛皮囊盛水引出之，役作甚苦，以刑徒充役。”又，《云笈七签》卷一一九引杜光庭《道教灵验记·陵州天师井填欠数盐课验》载：“今陵州井，直下五百七十尺，透两重大石，方及咸水。”宋释文莹《玉壶野史》卷三还谈到了陵井的结构，甚为简洁明了：“陵州盐井，旧深五十余丈，凿石而入。井上土下石，石之上凡二十余丈，以楩柟木四面锁迭，用障其土，土下即盐脉，自石而出”。宋李焘《续资治通鉴长编》卷八“太祖·乾德五年”载：“陵州有陵井，伪蜀置监，岁炼盐八十万斤。广政二十三年井口摧圮，毒气上如烟雾。”宋初，陵井通判贾琏始才修复。“是井本深五十四丈，皆凿石而入。其半曰小罂口，小罂上皆以柟柏旁叠。初炼盐日三百斤，稍增，日三千六百斤”。可见，唐五代陵井的基本结构是：（1）长宽达“三十丈”，依唐1尺为0.311米计[18]，则为93米左右。深度则有“八十余丈”、“五十七丈”、“五十四丈”（或“五十余丈”）等多种说法①。今人常以五十四丈为是②。《元和郡县志》成于唐代中晚期的元和八年（813年），杜光庭（850～933年）为唐末五代人。若依“五十四丈”计，则为167米左右。（2）井壁以楠木锁迭方式加固，以障壁土。（3）以皮囊汲卤。陵井曾在唐初龙朔元年（661年）崩坏，修复后又于后蜀广政二十三年（960年）“井口摧圮”，宋初贾琰修复时，曾“引锸徒数百人”[19]。其产量则达日产“三千六百斤”，也可见其规模不小。

五、对石油认识的扩展

前面谈到，早在魏晋南北朝时，我国就把石油用到了柔革、膏车，以及火攻等方面。唐五代时，人们对它的认识又有了一定扩展，主要是对其腐蚀性能有了一定认识，五代时还出现了“猛火油”一名，并将之用到了战争中。

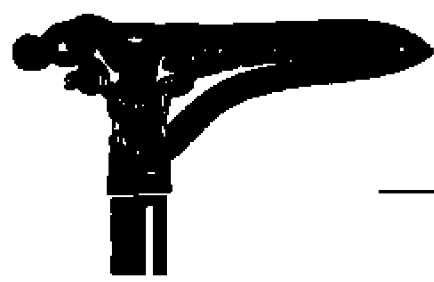
唐刘禹锡云：“石脑油宜以瓷器贮之，不可近金银器，虽至完密，直尔透过。”[20]此“石脑油”即石油。这里说到了它的腐蚀性。

五代时期，人们又把石油用到了战争中。《资治通鉴·后梁均王贞明三年》载：917年，属于十国之一的南方政权吴王杨隆演，“遣使遗契丹主（辽太祖耶律阿保机）以猛火油，曰：以此油然火焚楼橹，敌以水沃之，火愈炽。契丹王大喜，即选骑三万欲攻幽州”。此“猛火油”当亦石油。当时不但国内已经产油，而且外域亦曾向中原进贡。《新五代史·四夷附录·占城》载，后周显德五年（958年），

---

① 承刘德林先生函告云：“八十余丈”可能是陵井新开成时的原始井深；“五十七丈”、“五十四丈”、“五十余丈”则可能是经年开采，由于岩层坍塌，井底填高，在定期或不期修整后测得的井深。此说当有一定道理。此外可能还有一个原因，即标准尺不同，如西安唐石尺长0.28米，中国国家博物馆藏鎏金镂花唐铜尺长达0.3135米（矩斋：《古尺考》，《文物参考资料》1957年第3期）。这样，每尺就相差3.35厘米；不同的人使用不同的尺子，结果自然不同。

② 文献上对陵井深度有多种说法。但宋初乐史《太平寰宇记·剑南东道四·仁寿县陵井监》、南宋王象之《舆地纪胜·成都府路》皆云“是井本深五十四丈”。乐史曾于太平兴国五年后知陵州（见《宋史》卷三〇六“乐黄目传”），距贾琰大规模修井只有十余年，故有学者以为陵井应以“深五十四丈”为是，并认为李吉甫所云可能有误。



占城遣使“贡猛火油八十四瓶”。与此相类的记载在宋张世南《游宦纪闻》卷三也曾看到，其云：“占城前此未尝与中国通，唐显德五年，国王……遣使者莆诃散来贡猛火油八十四瓶，蔷薇水十五瓶……猛火油以洒物，得水则出火”。今查，唐无显德年号，此二事当为一事，当同为五代时期。

第二节 冶金技术的持续发展

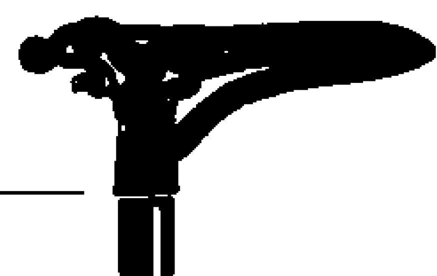
隋唐五代冶金技术的创造性成就虽不是太多，但其冶金业却是比较发达的。据《新唐书》卷五四“食货志”载，唐代“凡银、铜、铁、锡之冶一百六十八。陕（治今河南陕县）、宣（治今安徽宣城县）、润（治今江苏镇江）、饶（治今江西波阳县）、衢（治今浙江衢县）、信（治今江西上饶县）、五州（按：应作六州）银冶五十八、铜冶九十六、铁山五、锡山二、铅山四。汾州（治今山西汾阳县）矾山七。麟德二年（665 年）废陕州铜冶四十八”。据《新唐书·地理志》载，全国“有铁”地点计 108 处，“有铜”之所 62 处[1]。当时金属生产量也较大，《新唐书》卷五四“食货志”载，元和初（约 806 年），天下岁“采银万二千两，铜二十六万六千斤，铁二百七万斤，锡五万斤，铅无常数”。大中（847 ~ 859 年）间，铁岁产仅为 532 000 斤，铜增至 655 000 斤。此期冶金技术的主要成就是：冶炼规模明显增大，产品数量、品种、质量明显提高，操作技术更为纯熟。生铁技术、炒钢、灌钢技术，以及硫化矿炼铜技术都有了发展，胆水炼铜法约在五代时开始应用于生产；炼汞技术、黄金萃取技术都有了发展。黄铜、砷白铜技术有了一定发展；出蜡法铸造有了明确的记载。人们不但生产了大量的生产工具、兵器、生活用器等普通金属器物，而且生产了诸如大周颂德天枢、沧州铁狮子、扬州方丈镜等大型铜铁器，以及大量复杂、精巧、富丽堂皇的金银器，从而最大限度地满足了社会各阶层对金属制品的需要。

一、炼铁和炼钢技术

（一）炼铁技术

唐代炼铁遗址所见不是太多，目前只见有安徽繁昌[2]、江苏利国驿[3]、山东莱芜[4]、河南林县[5]等数处，部分遗址还跨越了好几个朝代。其中又以繁昌的冶铸遗物最为丰富，该县竹圈湾、三梁山、铁牛山一带约方圆十里的范围内发现了 6 处较大的冶铁炉遗址、17 个废墟墩，以及一些较小的冶铁址。遗址大体皆属唐宋时期。其中以竹园湾炉址保存较为完整，其炼炉纵剖面近似桃形，直径约 1.15 米，炉身残高 0.6 米；炉壁用灰砖立砌而成；耐火泥内衬厚 4 厘米，其中羼有大量粗沙；炉膛内残留有尚未炼成的铁块，以及栗树炭、石灰石块等。遗址内未见铸范，由这些情况可知：（1）竹园湾炼炉是具有炉身角和炉腹角的，比汉代一些直筒式炼炉有了进步。（2）使用石灰石作熔剂的技术有了进一步发展。（3）其炉子规模虽较古荥汉代高炉为小，但这与唐代鼓风能力、燃料条件等是适应的。利国驿唐宋冶铁遗址发现有成堆的矿粒、大量炉渣，并在断崖上发现了三处炉址，但形制难辨。

1986 年，山东莱芜市发现 34 处汉至明代的矿冶遗址，其中 8 处属唐。此 8 处



之中，寨里镇宜山村冶铁遗址属于唐宋时期，至今仍见有一块大型的炉底积铁，并出土有大量炼渣、矿石、炭灰、薄壁耐火砖，以及唐代、宋代的陶、瓷片[4]。

1974年，李京华、黄务涤等对河南林县铁炉沟冶铁遗址进行过一次调查，在半公里长的小河两岸，约有9座炼炉，3处炼渣堆，一处矿粉和煤炭堆积，此外还散布着大量的炼渣、炉壁残块和少量陶片等，其中多属唐宋时期，个别可上推至汉代。总体上看，铁炉沟炼炉有3个明显的特点：（1）多处炼炉都利用台地筑炉，一侧靠山，一侧向坡，利用山势，不但省工，而且便于操作；（2）多利用鹅卵石筑炉，既就地取材，又耐高温；（3）炉子较小，便于操作。这都是筑炉技术上的进步[5]。

（二）炼钢技术

汉代发明出来的炒钢、百炼钢、灌钢等工艺，此时都在继续使用；原始的块铁渗碳法已经很少看到，铸铁脱碳钢亦已衰落。

《夏侯阳算经》卷中“称轻重”有几条演算例题，云:“今有生铁六千二百八十一斤，欲炼为黄铁，每斤耗五两，问为黄铁几何？答曰：黄铁四千三百一十八斤三两。”又云:“今有黄铁四千三百一十八斤三两，欲炼为钢铁，每斤耗三两，问钢铁几何？答曰：钢铁三千五百八斤八两一十铢五象。”此“黄铁”、“钢铁”的具体含义，此处不曾明说，由前引陶弘景所云“钢铁是杂炼生鍒作刀镰者”可知，此“钢铁”应即灌钢；由南北朝到唐、宋、元、明、清，“钢铁”一语都是指灌钢的。“黄铁”可能是指炒钢；由传统技术调查可知，由于氧化作用等的缘故，炒炼产品的表面有时是显黄的。《夏侯阳算经》系唐代宗（762~779年在位）年间写成[6]，这是我国古代由生铁到冶炼“炒钢”、“灌钢”的最早的定量计算。此冶炼过程被数学家当作演算实例，可见其在唐代已为人们熟知。

樊绰《蛮书》卷七“物产”记述了一种南诏剑工艺，原料应是一种炒钢。其云:“南诏剑，使人用剑。不问贵贱，剑不离身。造剑法：锻生铁取迸汁，如是者数次烹炼之，剑成即以犀装头。”一般而言，生铁是不能锻打的，故此“生铁”应指尚未炼熟之铁，此“锻生铁”当是以生铁为原料的，炒炼过程中的锻打，目的是均匀成分，加速氧化脱碳过程；“数次烹炼”即多次炒炼、多次锻打；其产品含碳量一般不会太低。

唐代早期苏游在《三品颐神保命神丹方叙》中，曾从方药的角度，对各地钢铁之优劣，作了系统的评述，并简要地谈到了炒钢和灌钢的一些操作。其云：凡入丹药，“古方，多以雅州百丈、建州东瞿为上，陵州都卢为次，并州五生为下。又牂牁及广郴二州所出並不烦灌炼，即堪打用，此即自然刚也”。“又，灌刚之时，必须栎栗等炭，余皆不堪用。调停火色，唯须善别生熟，失宜即不任用”。刚铁，“取自然成刚铁上，次取捣刚五灌已上者佳”。[7]此“捣刚”，当即炒钢；“自然刚”，当是一种优质炒钢；“灌”，当指灌炼；“灌刚”，当即以灌炼方式制成之钢。据作者自序云，此书成于唐初开耀二年（682年）正月。这段资料十分重要。由之可见：（1）唐代早期广郴二州的炒钢质量都是较好的，炒炼后“不烦灌炼，即堪打用”，能“自然成刚”。这大约是操作得宜，含碳量稍高，夹杂量也较少之故。（2）唐人灌炼所用燃料，必须栎栗等炭，余皆不堪用。（3）灌炼之时，必须善于

观察和掌握火色，善别铁之生熟，失宜则不堪任用。（4）唐代之钢有两种，一种是未经灌炼的炒钢，即所谓“自然成刚”；一种是至少灌炼五次的灌钢。（5）往日以为“灌刚”一词始见于北宋《梦溪笔谈》，由这段引文看来，至迟可上推至唐代初期。（6）在字书中，“钢(鋼)”字虽始见于《玉篇》，若本书引用的版本准确的话，直到唐代，它的使用还不是十分普遍的。

刘禹锡《砥石赋》也提到过灌钢工艺，其云:“彼屠者之刀（一作刃），猎者之鋋；不灌不淬兮，糅错（一作锡）衔铅”[8]。此“灌”显然是指钢之灌炼，青铜是无须灌炼的；“淬”当指淬火处理。这几段话的含意，当指青铜兵刃器言，杂锡含铅，不灌不淬（或少淬），都是青铜兵刃器的工艺。

五代有一种“九炼钢”。《册府元龟》卷一六九载：后唐庄宗同光三年（925年）“九月，徐州进九练神钢刀、剑各一”。后晋高祖天福六年（941年）十一月壬申，荆南遣使进“九练纯钢金花手剑二口”。后汉高祖天福十二年（947年）荆南高从诲贺登极，进“九练纯钢刀一口”。后周太祖广顺元年（951年）六月①，荆南高保融进“九练神钢陷金银刀剑各一”。后周太祖显德元年（954年）② 六月荆南高保融进“九练神钢陷金、银刀、剑各一”。后周世宗显德三年（956年）二月，“荆南节度使高保融进御衣、金带、九练纯钢手刀、弓、箭等”。此“九练”，当即“久练”，多次“冶炼”之意，与百炼钢属同一工艺范畴。

隋唐五代的锻件分析不是太多。其中较值得注意的是杜茀运分析过41件隋唐时期洛阳、西安出土的铁器，包括生产工具、生活用器和兵器，其锻件达30件，占试样总数的73.17%[9]，这比例是较大的，这显然与炒钢技术的发展密切相关。其中的镰、铲、凿、锛、锄、斧、剪等类器物，战国两汉时期多以铸制，隋唐则多改成了锻造，这是个很大的进步，尤其值得注意的是洛阳隋大业九年墓铁剪、西安大明宫铁锸、西安铁铲等都使用了锻件。其中大业九年墓铁剪组织为铁素体+珠光体，含碳量约0.2%，晶粒度5~6级（图版拾，4）；同墓所出铁鼻（马饰），含碳量约0.3%，组织为铁素体+珠光体，晶粒度4级；西安大明宫铁矛，平均含碳量约0.2%，晶粒度7级，有魏氏组织，夹杂主要是细长且排列成行的硅酸盐；这些都应当是炒钢制品[9]。图版拾，3为洛阳唐代铁剪金相组织，亦为炒炼产品，但与大业九年墓铁剪同样，皆炒成了熟铁。

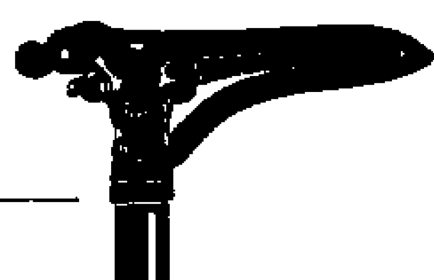
二、有色金属的冶炼和合金技术

（一）炼铜技术

由前引《新唐书》卷五四“食货志”可见，唐代的铜冶数较多，产铜量也是较大的。前面谈到，乾元元年以前，天下铸钱炉九十九，绛州三十，扬、润、宣、鄂、蔚皆十，益、邓、郴皆五，洋州三，定州一，“每炉岁铸钱三千三百缗，役丁匠三十，费铜二万一千二百斤、镴三千七百斤、锡五百斤。每千钱费钱七百五十，天下岁铸三十二万七千缗”。此“镴”含义不明，当指铅或铅锡合金。

① 原文为“广顺六年”，据《中国历史年代简表》（文物出版社，1974年），“广顺”年号只有元年、二年、三年，无“六年”，疑“六年”为“元年”之误。

② 据《中国历史年代简表》（文物出版社，2001年），后周太祖“显德”年号只有元年，世宗沿用“显德”年号，才有二至六年。太祖显德“六年”疑为“元年”之误。



唐代铜业冶铸遗址在扬州[10]、南京[11][12]、皖南[13][14]和浙江淳安[15]等地都有发现。江南是我国古代一个重要的产铜区。《新唐书》卷四一“地理志”载，宣州属县八，其中当涂“有铜有铁”，南陵“有铜有铁有银”、“有梅根宛陵二监钱官”，并曾置“铜官冶”。唐李白《秋浦歌》之十四写到：“炉火照天地，红星乱紫烟，赧郎明月夜，歌曲动寒川。”诗中所述，正反映了当时皖南冶铜的壮观场面。秋浦，县名，唐属池州，在今贵池县境，“有银有铜”。

前面谈到，自 1984 年以来，皖南一带发现了六朝至唐宋的冶炼遗址有 20 多处。从考察情况看，其中有两点很值得注意：（1）其冶铜量较大，如铜陵朱村乡五房唐宋冶铜遗址发现两堆废渣，一堆高达 10 米，底径近 30 米；南陵塌里牧冶炼场废渣量约在 30 万吨以上，断代三国至唐宋。（2）炉渣成分控制较好，冶炼技术也达较高水平。此地先秦铜渣多呈褐色，气泡较多，表面呈“挤膏状”；汉代铜渣多呈灰绿色，表面平整，见有细微皱纹，结构稍显致密；六朝至唐宋铜渣多呈灰、黑色，表面有流动波纹，渣的块重亦较大[13][14]。

唐代南京九华山是用硫化矿炼铜的。其南山矿的矿石主要是黄铜矿、黄铁矿；据物相分析，铜的原生硫化矿占 88.69%，次生硫化矿占 6.01%，氧化矿只占 5.3%。遗址中出土有大量炉渣，多呈片状，色多灰黑，有水波纹，说明出炉时流动性是较好的。炉渣中含有许多冰铜粒，为铜和铁的硫化物。李延祥采集并分析了 67 个渣样，其 Cu/S 比的平均值约为 0.5，说明此炼渣属冰铜渣。从分析情况看，67 件试样计有两种渣型，一种为高钙型，含脉石较多，应是首次冰铜渣，其产品含铜量可达 25%；一种为高铁型，可能是二次冰铜渣，其产品含铜量可达 40%，这些情况表明当时的硫化矿冶铜技术已相当成熟[12]。

前述，1970～1979 年，浙江淳安铜山发现一处唐代矿冶遗址，属铜、铁、锡、铍等共生矿。在此发现有圆形炼铜炉 3 座，残高分别为 30、40、60 厘米，直径分别为 125、115、195 厘米。炉缸由石块叠砌而成，其外为红烧土，炉内尚残有木炭。炉基附近发现的助熔剂有破碎过的石英石和白石等堆积。炉渣堆积区达 3 平方公里，厚约 2～4 米；炉渣多为黑色玻璃渣，有光泽，表面有流动皱褶，质地疏脆。矿区所产既有氧化矿，也有硫化矿。

此期冶铜技术上一个值得注意的事项是，可能“胆水炼铜”法已开始运用于生产。五代轩辕述《宝藏畅微论》载：“铁铜，以苦胆水浸至生赤煤，熬炼成而黑坚。”[16]此“铁铜”即以铁置换出来的铜，这是我国古代对胆铜的最早称谓。又，《丹房镜源》也有一段类似的记载，说：“今信州铅山县有苦泉流以为涧，挹其水，熬之则成胆矾，即成铜。煮胆矾铁釜久久亦化为铜矣”[17]。此书原为唐人所作[18]，但“铅山县”乃五代南唐设置，故这条资料可能留有后人的墨迹，似不能以此作为唐代已用胆水炼铜之证。但依轩辕述的话，推及唐五代民间已有“铁铜”（胆铜）的少量生产还是可以的。“铁铜”、“胆铜”等名，便逐渐成了人们对这一工艺的称谓。

（二）铜精炼技术的发展

此期铜精炼技术的一个重要进步是人们对“百炼”工艺的实质，有了进一步认识。1954 年，西安东郊郭家滩唐墓出土方形八卦百炼镜一件，圆钮，无座，主

纹是八卦相组成的方折纹，其外有16字铭："精金百炼，有鉴思极，子育长生，形神相识"[19]。《小校经阁金文招本》卷一七第七一页载，方形八卦镜两件，其八卦相、铭文与郭家滩镜完全一致，皆有"精金百炼"等字铭，镜子大小亦相近，唯后者稍成委角形。唐代诗文中习见有"百炼"一说，大家较为熟悉的莫过于白居易的《百炼镜》歌："百炼镜，熔范非常规，日辰处所灵且祇，江心波上舟中铸"。这"百炼"是否果真要操作一百次呢？看来并非如此，唐人也未必是这样做的。李肇《国史补》卷下云："扬州旧贡江心镜，五月五日扬子江心所铸也。或言无有百炼者，功至六七十炼则易破难成。"这一说法很有道理。从现代技术观点看，反复精炼的次数，应以去尽夹杂为度；因反复精炼的同时，还会伴随金属吸气；精炼次数越多，吸气量越大，温度稍高时尤其如此。所谓的"易破难成"当是吸气等所致。今见唐镜皆断口洁白、致密，气孔、夹杂都很少看到，说明其合金成分，以及熔炼时间、温度、气氛等整个操作都是控制较好的。

（三）黄铜技术

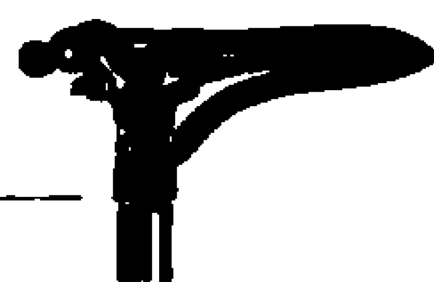
我国民间在南北朝时已经使用黄铜，入唐之后，使用范围又有了扩展，人们一方面把它当成了区别贵贱、等级的标志，另一方面还把它用到了佛像和建筑物的装饰上。《旧唐书》卷四五"舆服志"说：唐初武德四年（621年）诏，三品以上饰用玉，五品以上饰用金，六品七品饰用银，八品九品饰鍮石，流外及庶人饰铜铁。上元元年又规定，三品以上用金玉带，四品五品用玉带，六品七品用银带，八品九品用鍮石带，庶人用铜铁带。此"鍮石"即黄铜，其位置皆在玉和金银之下，只在普通的铜铁之上，说明价值并不太高。这是作为等级标志之证。《新唐书》五四"食货志"说："太和三年诏，佛像以铅、锡、土、木为之，饰带以金银鍮石，乌油蓝铁。"这是用作建筑物装饰的例证。明陈仁锡《潜确居类书》也有类似的说法："鍮鉐，黄铜似金者。我明皇极殿顶，名是风磨铜，更贵于金，一云即鍮也。"[20]可见以鍮石作建筑物装饰的做法在我国还沿用了相当长一个时期。

在中原文化区的汉唐考古中，目前还很少看到含锌量较高的黄铜器。笔者分析过一件湖北鄂州市出土的素面镜，合金成分为：铜65.9%、锡3.4%、铅4.3%、锌26.6%，含锌量较高，但属唐宋间物，年代下限为北宋[21]。边境地区黄铜使用量却稍多。李秀辉等分析过8件青海都兰吐蕃墓葬出土的铜器，其中5件，即铜条、铜钩饰、牛鼻圈、带环、带扣皆为铅黄铜，含锌量都较高，成分区间为：铜61.25%～75.09%，锌17.75%～29.23%，铅3.5%～9.2%[22]。可见其种类和使用范围远较中原为宽，数量亦较之为多。

此时文献上也有了点化黄铜的记载。五代独孤滔《丹方鉴源》卷上云："武昌铜出鄂州白慢，可点丹阳银、鍮石。"[17]具体操作不详。

（四）砷白铜

如前所云，早期铜砷合金含砷量较低（<10%）而呈黄色，至迟后赵，我国就点化出了含砷量较高（>10%）的白色铜砷合金来。隋唐时期，砷白铜技术有了进一步发展，成书于隋开皇年间（581～600年）的苏玄明《宝藏论》对使用雄黄、雌黄、砒霜点化黄色和白色铜砷合金的方法作了简单的总结，说："雄黄若以草药伏住者，熟炼成汁，胎色不移。若将制诸药成汁并添得者，上可服食，中可



点铜成金，下可变银成金"[23]。"雌黄伏住火，胎色不移，鞴熔成汁者，点银成金，点铜成银"[24]。"砒霜若草伏往火，煅色不变移，熔成汁添得者点铜成银"[25]。此以雄黄点铜而成之"金"，应即含砷量稍低的铜砷合金；以雌黄、砒霜点铜而成之"银"，应即砷白铜。这些文字虽出于铅丹家之手，但说明隋时砷白铜制作技术已较成熟。

唐五代时，点化砷白铜的记载在各家方书中都可看到，王奎克、赵匡华等都作了不少研究[26][27]。金陵子在唐乾元年间（758～760年）所撰《龙虎还丹诀》谈得尤为具体，其法：先以砒黄（氧化砷矿）、雌黄（As_2S_3）等为原料，做成精制的砒霜，后将之溶入铜液中，并加炭使之还原为砷，同时生成白色的铜砷合金。在这过程中，人们十分强调砒霜要分数次加入，并需按到埚底，"即以炭搅之"，"其锅稍宜深作"[28]，以减少砷的蒸发，并加速溶解，与现代技术原理是完全相符的。唐人依托三国郑思远（葛洪之师）的著作《真元妙道要略》第八也有一段以砒霜点化白铜的文字，甚为简明："雄、雌二黄，砒黄等伏火皆有用处……红银者，每两点化伏火雌黄三铢成上金，亦可杂用砒霜伏火能白铜"[29]。此"红银"当指红铜，"上金"指上等黄色铜砷合金，"白铜"即砷白铜。五代南唐独孤滔在《丹方鉴原》中亦曾多次提到点化"丹阳"，如其卷一云："红银：可勾金，亦可点为独体丹阳"。同卷还说武昌铜可点丹阳银及鍮石；亦可点化蕃折铜、东川赤札铜为丹阳。此"丹阳"即铜砷合金。但值得注意的是，"丹阳"一词至少有两种意思，一是砷铜，二是赤铜。《石药尔雅》卷上："熟铜，一名丹阳，一名赤铜。"此"丹阳"指赤铜。

从有关记载看，唐代可能还点化过数量相当可观的黄色铜砷合金。《太平广记》卷四〇〇引用过唐戴孚《广异记》中一段传说性文字，云："隋末有道者居于太白山炼丹砂，合大还，因得道，居山数十年。有成弼者给侍之，道者与居十余岁，而不告以道。弼后以家艰辞去，道者曰：'子从我久，今复有忧。吾无以遗子，遗子丹十粒，一粒丹化十斤赤铜则黄金矣，足以办葬事。'弼乃还，如言化黄金以足用。办葬讫，弼有异志，复入山见之，更求还丹。道者不与，弼乃持白刃劫之。""弼多得丹，多变黄金，金色稍赤，优于常金，可以服饵，家既殷富。"唐太宗召弼造金凡数万斤，所谓大唐金也。百炼益精，外国亦传成弼金为宝货。此"成弼金"乃以丹粒点化赤铜化而成，很可能是砷黄铜。当然这是传说，属实与否，尚待查证。

砷白铜实物在中原文化区的隋唐五代考古发掘中看到较少，唯李秀辉等在分析青海都兰吐蕃墓葬的8件金属器时，发现过一件铅砷白铜，成分为：铜77.44%、砷15.89%、铅4.7%[22]。结合前云甘肃民乐县东灰山四坝文化砷铜器物来看，似不能排除此吐蕃砷铜系共生矿所炼的可能性。

（五）镜用青铜合金

在我国古代众多的青铜器中，合金成分控制最为严格的主要是三种：鉴燧、兵刃器（如刀剑等）和响器（如编钟、锣、钹等）。汉唐之后，编钟、青铜兵刃器皆渐渐被淘汰，锣、钹使用量一直较少，铜镜合金技术的杰出成就便更加突出地表现出来。

笔者分析、统计过26件隋唐五代青铜镜，分别出土于湖北、安徽、山西、内蒙、湖南、陕西等地，成分是：铜 62.15% ~ 78.814%，平均 72.228%；锡 17.734% ~ 27.3%，平均 22.166%；铅 1.428% ~ 9.346%，平均 4.646%[21][30]~[34]。此成分与战国至汉魏六朝镜大体处于同一成分范围。可见由战国至五代，铜镜合金成分是相当稳定、相当合理的，并一直处于最佳状态。

（六）钱币铜合金

直到明代中期为止，我国钱币铜合金基本上都是 Cu - Sn - Pb 三元合金，但各历史时期不尽相同。我们曾统计过有关学者分析的 22 枚唐代钱币合金成分[35]~[37]，其中包括开元通宝和乾元重宝。由之可知：（1）其含铅、含锡量波动较大，锡 3.37% ~16.89%、铅为 1.43% ~34.4%。（2）含铅量稍高。22 件标本平均成分为：铜 69.23%、铅 16.37%、锡 9.94%，其中有 16 件为锡铅青铜和铅青铜，6 件为铅锡青铜或锡青铜。（3）22 件标本中，15 件的含铅量处于 10% ~25% 间。这大体上反映了唐代钱币合金的基本情况。

（七）炼汞技术

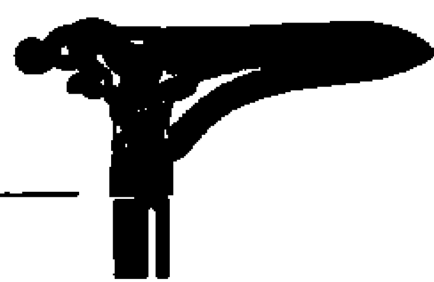
唐代的炼汞法大约主要有如下几种，有沿用前代的，也有新发明的[38]。

低温焙烧法。约发明于先秦时期，唐代仍在使用。唐人所辑《黄帝九鼎神丹诀》[39]卷一〇第一载："丹砂、水银二物等分作之，任人多少。铁器中或坩埚中，于炭上煎之，候日光长一尺五寸许，水银即出，投著冷水盆中，然后以纸收取之。"这里未谈到蒸馏器，其冷凝和收取汞的方法是"投著冷水盆中"，当是低温焙烧法。因汞飞损较大，唐代过后很少采用。

下火上凝法。约发明于东汉，唐初仍有使用，且记载较为明晰。唐武德四年至开元末年成书的《太上卫灵神化九转丹砂法》[40]第一"化丹砂成水银法"载："取光明砂一十六两（原注：辰、锦州者良），黄矾十二两（原注：用瓜州者）。右件药二味，先取黄矾砂炒过，研成末，布于炉子底，次研朱砂末，安在黄末向上，以银匙子均摊，令得所了。向上亦用黄矾末覆盖之，令厚二分，却以一小瓶子盖之，后用六一泥固济如法，须令坚密，勿使有泄气之处，候泥干了……然后下火。初先文火，养之一日一夜，讫后渐渐加武火，烧之经两日夜，候药炉通赤了便止火。候药炉冷了，细细开炉看之，其朱砂尽化成水银，以物扫之收取。如飞末尽者，须再准前用黄矾末覆于炉子内，如法固济，更加武火重飞之一两日间，以候飞尽水银为度。名曰河上姹女也。"此"六一泥"即"六加一"之泥，通常由七种物质合烧而成，可视为原始水泥。此"黄矾"当可起到还原剂的作用。此法的缺点是凝于上釜内壁的水银在聚集稍多后，便会坠落而回到下釜，所以生产率较低，大约唐代中期之后便为"上火下凝"法取代[38]。

上火下凝法。始见于《神农本草经》。操作要点是在冶炼装置的上部加热，使产生的水银在下部被冷却，并承接起来，这就克服了下火上凝法中水银滴回高温区的缺点，从而提高了生产率。它应当是在下火上凝法的基础上发展过来的。

上火下凝法曾有过多种不同的操作，唐代主要是"竹筒式"，多家文献都曾有记述。其中较值得注意的是陈少微《大洞炼真宝经九还金丹妙诀》[41]（成书于垂拱二年至开元末年），其云："诀曰：先取筋竹为筒，节密处全留三节，上节开孔，



可弹丸许粗，中节开小孔子，如筋头许大，容汞溜下处。先铺厚腊纸两重致中节之上。次取丹砂，细研入于筒中，以麻紧缚其筒，蒸之一日。然后以黄泥包裹之，可厚三分。埋入土中，令筒与地面平，筒四面紧筑，莫令漏泄其气。便积薪烧其上一复，令火透其筒上节，汞即流出于下节之中。毫分不折。忽火小汞出末（未）尽，尚重而犹黑紫，依此更烧之，令其汞合大数足……余别诀飞抽者损折积多，而同（筒）抽诀最妙。”这里记述了“竹筒式”炼汞的整个装置和过程。

此“下火上凝法”和“上火下凝法”皆属蒸煮法，汞还原出来后很快气化，并在同一个系统内冷凝。

陈少微《大洞炼真宝经九还金丹妙诀》[41]还谈到了一种以铅帮助取汞的工艺：“取黑铅一斤，将其黑铅于鼎中熔化成汁，次取紫砂细研，投入铅汁中，歇去火，急手炒，令和合为砂，便致（置）鼎中，细研盐覆盖，可厚二分，紧按令实。固济，武火飞之半日，灵汞即出，分毫无欠。”这里谈到了以铅作为还原剂，还说到了密封，属蒸煮法是无疑了的。

蒸馏法。唐张果《玉洞大神丹砂真要诀》“抽汞诀”：“先取铁鼎上下安盐固济，炉上开一孔子，引内气出，即用木柴火烧之，三日一收。汞出未尽更飞之。抽汞此为妙矣。”[40]在此值得注意的是“引内气出”、“抽汞此为妙”两语，依此推测，其很可能已使用了汞蒸气的导管和另外的冷凝装置。如若这一推测无误的话，这便是关于蒸馏法的较早记载，它应是上火下凝法的发展。

（八）黄金提纯术的发展。

这主要表现在两方面，一是先世发明的诸工艺在操作上更为熟练，二是汉代的黄矾—树脂法演变成了硫黄法。

唐代道家著作《修炼大丹要旨》（卷上）“分庚银法”云：“将淡金作汁，先用些小硫撺之提起，候冷，次下前药盖面，上头用陈壁土和盐盖头，又用小锅盖之，铁线扎缚封固，通身用泥固之，大火鞴得十分好。候冷，破锅取出。其金作一块在内，银在外包了，打去外银，仍将金用前法……再用药一半，再如此鞴之，又如前去银……其金方净。”[42]此“淡金”，即金银矿。“前药”，指引文前提到的硫黄、伏火硝石、矾及盐的粉状混合物。这里主要是突出了硫黄的作用，反复多次后，便可达到分离金、银，提纯黄金的目的，应是汉代硫黄—树脂法的发展。

三、铸造技术

隋唐五代的铸造作坊发掘不是太多，大家较为熟悉的有扬州手工业作坊等处[10]。1975年、1977年、1978年，考古工作者曾对该作坊遗址进行了三次发掘，总面积当在一万米^{2}以上，主要由铸铜作坊和雕刻、制骨作坊两部分组成。第一次发掘时，在200米^{2}范围内出土了9座炉灶和5件较为完整的坩埚。炉灶有4座为直筒形，横断面有圆形和椭圆形两种，炉膛直径0.88～1.9米；另5座为非直筒形，一座口小底大（口径1.4米，底径1.6米），4座口大底小；一般用砖砌成，用途不详，有的可能与熔铸铜合金有关。坩埚多以较厚的夹砂陶和泥质陶制成，呈灰黑色圆筒状和杯状；长5～27厘米，口径4～10厘米；筒状者壁内留有铜汁，壁外有釉泪；杯状者底尖，无把手，口有流，一件长6.5厘米，口径5厘米，另一件长3厘米、口径5.5厘米，皆较筒状者稍小。坩埚伴出物有铜矿石、煤渣、铜锈

块等。这种尖底的杯状坩埚对我们了解殷墟将军盔用途是有一定帮助的。第二、第三次发掘时，也出土过一些炉、灶和坩埚残片，有的坩埚残片上粘有铜锈。扬州是唐代重要的铜镜产地，《新唐书》卷四一“地理志”载，扬州“土贡金银青铜镜”诸物。

唐五代铸造技术方面比较值得注意的事项有：

（一）出蜡法铸造有了较为明确的记载

我国古代出蜡法铸造约发明于春秋时期，但有关记载却是到了唐代才看到的。《唐会要》卷八九载：“武德四年（621年）七月十日，废五铢钱，行开元通宝钱……郑虔《会粹》云，（欧阳）询初进蠟样，自文德皇后掐一甲迹，故钱上有掐文。”此“蠟”即蜡，“蠟样”即蜡质之钱样。《太平广记》卷四〇五“文德皇后”条引《谭宾录》也有过类似的记载：“钱有文如甲迹者，因文德皇后也。武德中，废五铢钱，行‘开元通宝’钱，此四字及书，皆欧阳洵所为也。初进样日，后掏一甲迹，因是有之。”这都说明开元通宝最初使用了出蜡法铸造，这是今日所知关于出蜡法铸造的最早记载。

带有指甲文的开元钱已见多例。姜绍书《韵石斋笔谈》卷下“开元钱”条载：“余幼时见开元钱与万历钱参用，轮郭圆整，书体端庄，间有青绿硃斑，古雅可玩。背有指甲痕，相传杨妃以爪拂蜡模，形如新月。”20世纪70年代初，唐郑仁泰墓曾出土了3枚开元通宝，其中1枚的背面亦有明显的指甲文[43]。本人亦曾有幸得到过1枚这种铜钱，指甲痕纤细清新，恰如新月。也有学者对《唐会要》所记是否属实表示过怀疑，理由是今见开元通宝的指甲文都是阳文；若果真为甲痕，便应是阴文的。这些说法应有一定道理，但话又说回来，若非王者，谁人能有此等权力，在钱币上掐出一道甲痕？所以笔者认为，并不能排除原指甲文进行过加工，重新在蜡模上制成了阳文的可能性，即古代文献所述依然大体可信。

另外，《灵宝众真丹诀》第十二页“几公白法”有这样一段文字，似也与出蜡法有关。其云：“白虎三十两，太阴玄精十二两，矾石十二两，胡粉八两。右三物捣研成粉，以左味和为泥。先捏蜡八两作鸡子形，即以药泥涂蜡鸡子上，令遍。以甘土泥药上，令周币（布）。泥令厚半寸许。顶上开一小孔子，如豆颗许，然后曝干，火烧去蜡。”[44]白虎，铅。太阴玄精，不详，疑为氯化镁。矾石，或为硫酸铜等。胡粉，碳酸铅 $PbCO_3$ 或碱式碳酸铅 $Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$。

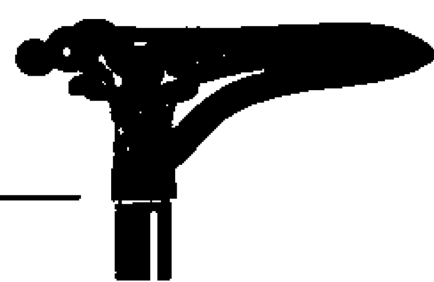
同书第七页“金碧丹砂变金粟子方”也有大体同样的说法：“先将（作）泥子，泥用黄丹、白土、瓦末、盐醋溲，用蜡为胎，不得令有微隙，阴干，傍边安孔去蜡，更烧过。”这显然是用出蜡法来铸造炼丹器具。

据陈国符考证，《灵宝众真丹诀》乃唐人所纂，后经宋人重订[45]。这对我们了解出蜡法的使用情况还是很有帮助的。

有学者认为武德四年行开元通宝，曾用翻砂法，并说从唐初到清代一直未变[46]。这种可能性是存在的。但可惜迄今未见唐翻砂法铸钱的确凿资料，有关记载是宋代才出现的。

（二）特大型铸件明显增多

唐五代一方面生产了大量技术水平较高、艺术效果较好的铜镜、铜钱等小型



铸件，另一方面还生产了较多的铜质、铁质的特大型铸件，这是此前任何时代都不能比拟的。这一方面反映了国家经济的繁荣，另一方面也是金属冶炼、铸造技术高度发展的表现。其中尤其值得注意的铸件有下面一些：

大周颂德天枢。《新唐书》卷七六“则天武皇后传”载：“孝明皇帝延载三年，武三思率蕃夷诸酋及耆老，请作天枢，纪太后功德……大裒铜铁合冶之，署曰‘大周颂德天枢’，置端门外。其制若柱，度高一百五尺，八面，面别五尺。冶铁象山为之趾，负以铜龙，石镵怪兽环之，柱颠为云盖。出大珠，高丈围三……用铜铁二百万斤，悉镂群臣蕃酋名氏其上。”从西安所出，以及中国国家博物馆和日本正仓院的收藏情况看，唐1尺约相当于今0.28～0.3135米，多为0.3米以上[47]。今以0.3米计，则大周颂德天枢全高（105+10）×0.3=34.5米；豫州鼎则高5.2米。

九州鼎及十二神。《资治通鉴》卷二〇五说：天册万岁元年（695年）“铸铜为九州鼎及十二神，皆高一丈，各置其方”（《通鉴纪事本末》卷三〇“武韦之祸·天册万岁元年”同）。

扬州方丈镜。《朝野佥载》卷三：“中宗令扬州造方丈镜，铸铜为桂树，金花银叶，帝每骑马自照，人马并在镜中。”可见这镜是较大的。唐代还造过镜殿。《资治通鉴》卷二〇二“开耀元年”云：少府监裴匪舒善营利，“又为上（唐高宗）造镜殿，成，上与仁轨观之，仁轨惊趋下殿。上向其故，对曰：‘天无二日，土无二王，适视数壁有数天子，不祥孰甚焉。’上遽令剔去”。我国古代的特大型铜镜至迟出现于秦，《西京杂记》卷三载：“高祖初入咸阳宫，周行库府，金玉珍宝不可称言……有方镜广四尺，高五尺九寸。表里有明”。1978～1980年，淄博市西汉初年墓随葬器物坑出土矩形蟠螭纹镜1件，长115.1厘米，宽57.7厘米，厚1.2厘米，重56.5千克[48]。西晋也有大镜，《太平御览》卷七一七“服用部”载：“陆机（261～303年）与弟云书曰，仁寿殿前有大方铜镜，高五尺余，广三尺二寸，立着庭中，向之，便写人，形体了了亦怪也”。此“形体了了亦怪也”，大约是一种哈哈镜效应。

蒲津铁牛。坐落于山西永济县黄河蒲津桥头。蒲津桥始建于公元前三世纪。唐张说（667～730年）《张燕公集》卷一二“蒲津桥赞”载：其原有竹索浮桥，连舰十艘；唐开元一二年（724年）改为铁索浮桥。两岸各置铸制的铁牛四头、铁人四个、铁山四座，连成一体以作“固地锚”，又用36根铁棍连接牛腹，对拽若干条铁链，连接几百艘船。1989年，考古工作者对此遗址进行了清理。其铁人分别代表维吾尔族、藏族、蒙古族、汉族。维吾尔族铁人身高1.75米，身宽0.79米。一号铁牛高1.5米、身长3.3米、脖围2.24米。其余亦大体相同。铁牛皆蹲立于铁板上，铁板宽2.3米、长3.5米、厚0.7米；每尊铁牛重约15吨，其下皆有4根铁柱斜插入坚固的石堤基础内；铁柱长3米余、直径40厘米。两岸各有铁山两座，置于四尊铁人中间，铁山露出地面1米余。铁牛、铁人、铁山整个布局的正中入地一根巨型铁轴，铁轴周长1.03米，露出地面0.75米，作为浮桥铁索的系柱。东西两岸皆有铁牛、铁人、铁山、铁柱，每岸用铁约10万余斤。两岸有“七星柱”布列如星斗形，用以固定并调节铁索长度，令其随黄河水位起落而缩



盈[49][50]。《张燕公集》卷一二“蒲津桥赞”记述当时情况云:“于是大匠藏事，百工献艺；赋晋国之一鼓，法周官之六齐。飞廉煽炭，祝融理炉，是炼是烹，亦错亦锻。结而为连鏁，熔而为伏牛，偶立于两岸，襟束于中潬。鏁以持航，牛以鸷（挚）缆，亦将厌水，物奠浮梁，又疏其舟间。画其鹢首，必使奔澌不突，积凌不隘。”《新唐书》卷三九“地理志”也有简明记载：说蒲津关“开元十三年铸八牛，牛有一人策之，牛下有山，皆铁也，夹岸以维浮桥”。所述与今考古发掘的情况皆基本相符。此桥于公元13世纪废绝。

沧州铁狮子。后周广顺三年（953年）铸，高5.4米、长5.3米、宽3米，重旧说50吨[51]，新说29.3吨[52]，右项及牙边皆铸有“大周广顺三年铸”七字。今存河北沧州县东南的古城内（图5-2-1）。泥型铸造，用顶注法浇铸，计约使用了500多块外范[51]。



图5-2-1 沧州铁狮子
照片承北京科技大学吴坤仪提供

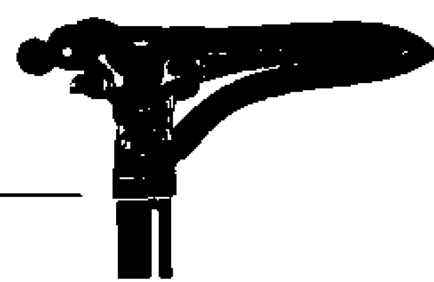
上述大型铸件有的早已消失，有的保存至今。保存至今的还有一些，如：（1）陕西富县宝室寺铜钟，唐贞观三年（629年）铸，通高1.54米、口径1.33米、厚壁7.5厘米[53]。（2）西安铜钟，唐景云二年（711年）铸，通高2.4米、口径1.4米，重约6吨。（3）云南弥渡铁柱，坐落于城西约2.5公里处，872年铸，高3米有余，体圆，周长1米。（4）大理崇圣寺大殿观音铜像，传为舜化贞时（879~902年）所造，高8米。（5）据说段思平时（913~944年），曾铸铜像10 000尊[54]。

四、热处理技术

在此最值得注意的是铸铁可锻化退火处理仍在继续沿用和青铜淬火技术见于文献记载。

（一）铸铁可锻化退火处理技术

我国古代可锻铸铁技术在汉魏时期已发展到了相当成熟的阶段，后因炒钢技术的发展，在农业、手工业工具中开始了“以锻代铸”的过程，铸铁可锻化退火处理遂逐渐衰退下来，但隋唐仍有使用。今见隋唐有关器物一共3批10件：（1）我们分析过的洛阳隋唐铁器，包括隋大业九年墓铁镜Y125号、铁剪Y122号等，皆为铸铁脱碳退火处理件。其中铁镜Y125组织较为典型，其钮与镜体分别铸造，先铸钮，后把镜钮插入镜体的铸范中，一起浇出。镜子铸出后，在氧化性气氛中进行过脱碳退火。内区的整个断面皆已脱碳成了熟铁；缘区外层脱碳，稍里为珠光体+铁素体，含碳量约0.7%，中心残有少量莱氏体，属夹生可锻铸铁[55]。图版拾壹为其组织形貌。（2）杜茀运分析过10件唐代铸铁件，其中有铁犁、铁川、铁锄、铁板、铁铲、铁铧、残农具、残工具各1件，铁锛2件，约有7件进行了可锻化退火处理，其中西安唐墓出土的铁铲为完全脱碳退火，洛阳唐贞元十七年墓出土的残农具进行了不完全的脱碳退火，其余5件都进行了石墨化退火。在石墨化



退火的5件中，西安唐墓铁锛为铁素体基体，西安唐大明宫铁锄、铁板、唐墓铁铧、洛阳唐墓铁锛分别为珠光体，或珠光体+铁素体基体[9]。（3）苗长兴等分析过一件河南登封出土的铁刮刀（4207号），由白心可锻铸铁锻打而成。组织为铁素体+珠光体，含碳量约0.3%，质地纯净，观察面上不见夹杂。原断代为宋，后改定为唐[56]。

（二）青铜淬火技术

此期青铜淬火主要用在铜镜上，不但使用较多，而且有了文献记载。20世纪八九十年代时，笔者先后分析过20件唐、五代镜的金相组织，其中有14件进行了淬火处理，今见组织与回火态相当。图版拾，6、图版拾贰，分别为赤峰唐盘龙镜N4、鄂州唐菱形花鸟镜E34、方镜E35、八卦镜E62[57]、山东临沂禽兽葡萄镜LY19、安徽唐初四神镜W14[58]、陕西凤翔唐莲花镜Sh3组织形貌[59]。与汉镜同样，此期铜镜亦曾在包含β相的温度区间（586℃～789℃）和包含γ相的温度区间（520℃～586℃）淬火，不同处是，唐镜组织较战国两汉的稍见粗大[60]。

我国古代关于铜镜淬火的记载是唐代才看到的。唐人传奇小说《聂隐娘传》："聂隐娘者，唐贞元中魏博大将聂锋之女也。""忽值磨镜少年及门，女曰：'此人可与我为夫。'白父，又（父）不敢不从。遂嫁之，其夫但能淬镜，余无他能。"史树青认为此"淬镜"即是铜镜淬火之意[61]。类似的记载在宋、元、明各代都可看到，而且都说得十分明白。宋苏轼《物类相感志·杂著》云："锡铜相和，硬且脆，水淬之极硬。"说锡青铜淬火前兼具了"硬"和"脆"两种特性，水淬后便只剩下"硬"性了。此"硬"应是"坚硬"意，与现代技术辞典中的"硬度"有别。元人伪撰《格物麤谈》卷下也有类似说法："铜锡相和，硬且脆，水淬便硬。"稍后，明李时珍《本草纲目》卷八"金石·锡铜镜鼻"条说："锡铜相和，得水浇之极硬，故铸镜用之"。此"硬"亦与苏轼所云相同，为坚强之意。故古人以锡青铜铸镜，主要是因其淬火后更为坚强之故。方以智《物理小识》卷八也有类似的说法："锡铜相和，得水浇之极坚。"古人的说法与现代技术原理是基本相符的，因战国汉唐镜皆以高锡青铜铸成，其中的（α+δ）量甚多，故镜硬且脆；淬火后，高温β相转变成了β′相，并保存下来；若在γ相区淬火，则将γ相保存下来；这些都使锡青铜的塑性和强度都大为提高。一些现代研究者认为锡青铜淬火后硬度会提高[62]，其实这是一种误会。有个别学者曾对我国古镜存在淬火处理之事存有疑虑[63]，其原因主要是：（1）分析的标本太少，一两件试样是看不到全貌的。（2）其模拟试验的操作不合要求。其淬火标样是采用把青铜液倾倒入水的方式来制备的，须知，这种做法是不能称之为淬火的。（3）其认为高锡青铜的高温回火组织与高温退火组织是一样的，从而把古镜的高温回火组织指为高温退火组织，这与现代技术原理、与科学试验结果都是不符的。（4）忽视了宋代、元代、明代十分明确的文献记载。我们认为，我国古镜存在淬火处理工艺应是肯定无疑的，不管文献记载，还是考古实物的科学分析，以及模拟试验，都证明了这一点[64]。图版拾叁，1、2、3、4为我们模拟试验所得淬火、回火组织形态，与图版拾贰的形态基本一致。迄今为止，人们虽进行过无数次试验，但谁也不曾在铸造条件下得到过类于图版拾贰、图版拾叁等这样的组织，而使用淬火回火方式时，得到这

种组织却是十分容易的事。

五、金属加工和表面处理技术

（一）文铁刀和镔铁

《新唐书》卷四〇“地理志·山南道”载，忠州“土贡生金，绵……文刀”。涪州“土贡麸金、文刀、獠布、蜡”。涪陵县有开池，“开池在县东三十里，出钢铁，土人以为文刀”。《元和郡县志》卷三一“涪州”条亦说“开元贡麸金、文铁刀。”我国素有文身刀、文身剑之说，故此“文刀”、“文铁刀”为花纹钢刀无疑。他们的操作工艺和花纹形态大体属于同一类型。

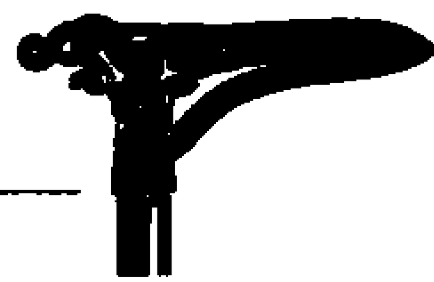
此时文献上也有了关于镔铁工艺的记载，唐慧琳《一切经音义》卷三五云：“镔铁出罽宾等外国，以诸铁和合，或极精利，铁中之上者也”。此“诸铁”即含碳量不同的铁碳合金。“和合”即锻合，这与现代技术原理是基本相符的。镔铁主要有三种不同的工艺：一是直接还原的自然钢法，二是块铁渗碳法，三是诸铁和合法。前二者亦即乌茨钢法，其原料原产于印度；后者的原料是处皆有，与我国古代百劈文身刀工艺原理是一样的[65]。

（二）金银细工

我国古代金银器加工技术约发明于四坝文化时期，但长时期发展较为缓慢，及汉才迎来了它的第一次繁荣，唐代发展到了较为繁盛的阶段。此时人们不但在一般生活用器，如铜镜、漆器、服饰，甚至陶瓷器上都使用了金银作为装饰，而且使用多种技法，制作了大量纯金、纯银容器。金银器饰的经久不衰，把唐代社会生活打扮得金碧辉煌，光彩夺目。

自20世纪70年代以来，我国曾多次出土唐代金银器，大家比较熟悉的有：1970年西安何家村出土的窖藏文物，其中有金银器270件，除去装饰品外仍有205件，器物种类有碗、盘、碟、壶、罐、锅、盒、炉等，年代下限为盛唐时期（约公元8世纪末）[66]。1980年、1982年江苏丹徒丁卯桥两次发现唐代窖藏，出土各种银器计976件[67]。此外，1957年西安和平门外[68]，1958年陕西耀县柳林背阴村[69]，1963年西安东南郊沙坡村[70]，1976年辽宁昭盟喀喇沁旗锦山一带[71]等处都有发现。从整个出土情况看，有两点很值得我们注意：（1）唐初金银器出土量较少，高宗、武则天时锐增。（2）早期器物明显存在两种不同的风格，一种从形制到纹饰都含有较多的波斯萨珊朝金银器工艺的因素，它们可能是输入品或仿制品；一种则从形制到纹饰都兼收了我国瓷器、铜器、漆器的特点。随着时间的推移，前者的数量逐渐减少，后者逐渐增多起来，外来的与传统的技艺融合为一，使金银器工艺达到了相当成熟的阶段。基于这样一些事实，不少学者认为：唐代金银器的发展在很大程度上受到了萨珊朝的影响。

人们曾对何家村金银器进行过不少研究，得知其加工工艺十分复杂、精细。器物成型以扳金和浇铸为主，焊接、切削、抛光、铆、镀、錾刻、镂空等技艺都使用得十分普遍和纯熟。如焊接，有大焊、小焊、两次焊、掐丝焊等；焊口平直，且不易被发现。在盘、盒、碗等器物上，都有明显的切削加工痕迹，螺纹清晰，起刀和落刀点显著，刀口跳动亦历历在目。有的小金盒螺纹同心度很高，纹路细密，盒的子口经锥面加工，子母扣接触严密。各种加工件很少有轴心摆动现象。



人们推测，当时很可能已使用了手摇式和脚踏式加工机械。也有的器物仅在器内中心部位捶打出突起的动物图案[72]。在唐代银器中，不少饰纹是錾刻出来的，之后再镀金；这种银器饰以镀金花纹的工艺，似是唐代新兴的，迄今尚未看到唐代以前的金花银器[19]。

（三）金银错和贴金银

这是唐代使用较多的金银加工工艺，多作铜镜装饰，1954年、1955年，西安东郊韩森寨先后出土唐错金镶料镜、嵌银鸾兽镜各1件[19]。1981年，韩森寨唐墓又出土银背凸花镜1件，满背镶银，花纹由银片模压而成[73]。传洛阳出土贴银壳鸟兽花枝六弧镜1件，背纹原已铸出，其上又贴银片[74]。《在欧美的中国古镜》[33]一书载有贴银八菱海兽葡萄镜1件、八菱贴银镀金双鸾衔绶宝马镜1件、贴银鎏金花卉镜1件、八角贴金禽兽葡萄镜1件、六菱贴金狻猊镜1件。《旧唐书》卷七八"高季辅传"载："太宗尝赐金背镜一面，以表其清鉴焉。"

唐代金银工艺甚为发达，《通俗编》卷一二说《唐六典》有14种"金"，其中涉及到了金属器、织物、纸张、漆器等多类器物表面装饰黄金的工艺。有关研究认为，唐代已有许多金银铺，以打造金银器饰为主，同时经销这些器饰，并从事生金、生银的买卖和鉴定。

（四）掐丝珐琅

我国古代珐琅工艺始于何时，学术界尚有不同看法，但可以肯定的是唐代已有使用。何家村窖藏出土一件八棱金杯，饰纹为掐丝珐琅做出，填料已经脱落，仅残留少量粉末，但仍不愧是珍贵的掐丝珐琅作品；可认为这是明代景泰蓝的前身[66]。此外，太原隋唐墓曾出土过一件"铜胎料镯，镯环纤细扁圆，呈青灰色，似珐琅质"[75]。

（五）镀金银

镀金技术发明于先秦，汉后获得较大发展，隋唐时期又发展到了一个新的阶段，不但使用数量大、分布广，而且制作工精。隋的镀金器如1954年西安郭家滩大业六年墓所出者，有镀金铜带钩等饰物30余件[76]。唐代镀金器在南北许多地方都有出土，而且相当大一部分为银器镀金。仅1982年，丹徒丁卯桥所出镀金的银器便有86件，其中2件镀金凤纹大银盒高26厘米、足径25.6厘米、腹径31厘米[67]。1970年西安南郊何家村窖藏器物中，出土有镀金八曲银杯、镀金铜锁等[66]。1958年陕西耀县柳林背阴村出土有镀金刻花四曲银盌、镀金刻花银鍱、镀金刻花银盘等[69]。此期的文人学士亦常以镀金为喻，以抒发自己情怀。李绅《答章孝标》诗云："假金只用真金镀，若是真金不镀金；十载长安得第一，何须空腹用高心。"[77]便是其中较为著名的诗句。

此时有关制作金银汞齐的记载明显增多，道家著作中的作金粉法、作金泥法，医家所云作银膏法等，实皆汞齐法。《黄帝九鼎神丹经诀》卷一一第二页载：水银"能消化金银使成泥，人以度物是也"[39]。此金泥、银泥，都可用作镀物。

（六）焊接技术的发展

此期的焊接技术有了一定的发展，主要表现在文献上有了焊接熔剂的记载。

唐《新修本草》卷五在谈到硇砂时说："硇砂，味咸、苦辛；温，有毒……柔

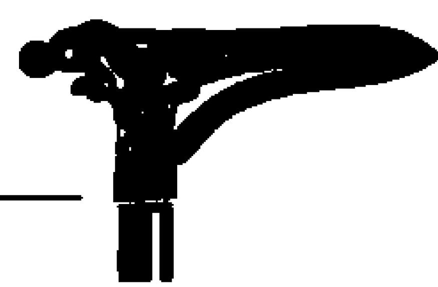
金银，可为汗药。”在谈到胡桐泪时说：“胡桐泪，味咸……又为汗金银药。出肃州、川西平泽及山谷中……木堪器用，一名胡桐律。”[78]此汗药，即焊药，即焊接熔剂，此指硇砂（NH_4Cl）和胡桐泪，这是我国古代文献中，较早提到焊接熔剂的地方。焊接熔剂是一种助熔剂，还可起到造渣、保护高温金属等作用，从而可提高生产效率和产品质量。

第三节　南青北白的制瓷技术

一般认为，我国古代制瓷技术的发展大体上可分为三个阶段：一是龙山文化到西汉，为原始瓷时期；二是东汉至南北朝，为真瓷（成熟瓷器）产生、初步发展期；三是隋唐及其之后，为真瓷成熟、深入发展期。

隋唐时期，制瓷技术在我国南方、北方都普遍地发展起来。瓷器的产量、质量、品种，都有了很大的提高和扩展，它已成为陶瓷生产的主流，人们日常生活已广泛地使用起瓷器来。截至20世纪90年代初，北方的河北、河南、山东、山西、陕西，南方的安徽、浙江、江西、江苏、福建、广东、广西、湖南，西南的四川等地，都发现过这一时期的窑址，计约一二百处[1]，它们往往连续使用相当长一个时期。这些窑址多见于南方，其中又以浙江为最，在上虞、宁波、余姚、金华、丽水、永嘉、温州、诸暨、奉化、瑞安、黄岩、兰溪等20个县都有发现[2]。在瓷业普遍发展的基础上，南方、北方都出现了一批名窑，南方主要有：浙江越窑、瓯窑、婺州窑，湖南湘阴的岳州窑、长沙铜官窑，江西丰城洪州窑，四川邛崃县邛窑、成都青羊宫窑，北方则有内邱临城的邢窑、曲阳定窑、黄堡窑、巩县窑、安徽淮南寿州窑等，其中尤其值得一提的是铜川黄堡窑，其始烧于唐，北宋康靖以前获得较大发展，元代仍在生产。在20世纪50～90年代，其先后进行过三次大规模发掘，有关资料分别汇集于《陕西铜川耀州窑》[3]、《唐代黄堡窑址》、《五代黄堡窑址》[4]等中①。第一次发掘了许多唐代灰坑、宋代窑址、金元作坊和窑址，并获85 000多件标本，后两次发掘的唐代遗址有：三彩作坊1座、制瓷作坊8座、三彩窑3座、瓷窑5座、灰坑7个，以及大量标本。五代遗址有：制瓷作坊4座、灰坑18个、各种标本71 722件[5]。这是迄今为止发掘规模较大且较完整的一处古代窑址。由于原料条件等的差异，此时的北方窑系仍以白瓷为主，兼烧部分青釉瓷、黑釉瓷、黄釉瓷。南方窑系则以青瓷为主，兼烧部分白瓷、黄釉瓷、黑釉瓷，于是形成了“南青北白”的局面。南方青瓷和北方白瓷的杰出代表分别是越窑和邢窑，其中又以越窑青瓷最受时人称颂。唐人陆羽《茶经》卷中“茶之器·盌”条曾对部分窑口的瓷器作了一次综合性评述，说：“盌，越州上，鼎州次，婺州次，岳州次，寿州、洪州次”。“若邢瓷类银，越瓷类玉，邢不如越一也；若邢瓷类雪，则越瓷类冰，邢不如越二也；邢瓷白而茶色丹，越瓷青而茶色

① 依历史年代，作者把铜川县黄堡镇古窑址冠以了不同名称，唐窑称“黄堡窑”，宋窑称“耀州窑”；黄堡地区在五代虽已归耀州，作者认为仍名“黄堡窑”为宜。因“鼎州窑”的具体情况仍须研究，故不用此名称呼黄堡古窑。



绿，邢不如越三也”。“越州瓷、岳(州)瓷皆青，青则益茶”。“邢州瓷白，茶色红；寿州瓷黄，茶色紫；洪州瓷褐，茶色黑，悉不宜茶”[6]。这里逐一谈到了唐代六大名窑及其产品的特点，说明唐代制瓷技术已发展到较高水平，并形成了自己的鲜明特点。从数十年来的窑址调查和考古发掘看，婺州窑、岳州窑、洪州窑、寿州窑当分别在今浙江金华[7]、湖南望城镇铜官镇[8]、江西丰城[9]、安徽淮南[10]；邢窑则在今河北的内邱[11]、临城[12]两个毗邻的县都有发现；“鼎州”之名存在时间较短，鼎州窑地址不明，有学者认为，陕西铜川黄堡窑当属鼎州窑系的范围[13]。《全唐诗》卷六一一载皮日休《茶瓯》诗云:“邢客与越人，皆能造兹器，圆似月魂堕，轻如云魄起。”此“兹”即瓷的假借字。可见唐瓷器型规整，色泽宜人，且较轻便。浙江越窑几乎全烧青瓷；长沙铜官窑、耒阳窑在烧造青瓷的同时，皆兼烧部分白釉瓷。《全唐诗》卷二二六引杜甫《又于韦处乞大邑瓷盌》诗云:“大邑烧瓷轻且坚，扣如哀（一作寒）玉锦城传；君家白盌胜霜雪，急送茅斋也可怜。”可见四川大邑白瓷质地之优良。

在民间普遍用瓷的基础上，瓷器也成了一种贡品、官用品。《新唐书·地理志》载，当时土贡瓷器的地方，北方有邢州、南方有越州。1977 年，慈溪上林湖附近出土一件墓志铭青瓷罐形器，其志文作:“光启三年（887 年）岁在丁未二月五日，殡于当保贡窑之北山”等字[14]。可见越窑在唐代晚期已是贡窑。目前在考古发掘中已发现不少晚唐至五代的“官”、“新官”款瓷器。1978 年，浙江临安唐昭宗光化三年（900 年）钱宽墓出土 13 件“官”字铭、1 件“新官”铭精细白瓷，大约其产地皆在北方[15]~[17]。此外，约葬于唐昭宗天复元年（901 年）的浙江临安水邱氏墓等也有类似器物出土[18]。从有关考古资料看，唐五代烧制这种“官”、“新官”瓷之所至少有四处：即河北定窑、陕西耀州窑、浙江越窑、赤峰缸瓦窑[19]。据权奎山统计，仅耀州窑遗址发掘的五代“官”字款便有 14 件，即 1984~1992 年出土 12 件，另采集过 2 件[20]。另外，一些民窑，如芜湖东门渡窑等也烧过“宣州官窑”款的制品[21]，断代约五代至北宋。1987 年，扶风法门寺出土一批精美的越窑青瓷，被物账曾谓之“秘色瓷”，显然是作为贡品运到陕西去的[22]~[24]。目前见于报道的唐、宋初“官”字、“新官”字铭白瓷、青瓷约有 200 多件[20]。贡窑原是技术水平较高的民窑，除了贡品外，还可生产部分民用品行销于市；后世专为宫廷服务的“官窑”应是在唐五代贡窑，以及这种带有“官”、“新官”字款窑的基础上演变出来的。关于“官窑”的含义，不同历史时期未必相同；大约从晚唐到北宋早期，是指官府开设的窑场，或其产品由官府指派的窑场，“官”、“新官”款瓷器，则应当是这类窑场的产品；南宋及至明代的官窑，则应是由朝廷直接管理，产品专供宫廷使用的窑场[20][25][26]。

此时瓷器还是一种重要的交易品，并传到了海外。《旧唐书》卷四八“食货志”载，韦坚“请于江淮转运租米，取州县义仓粟，转市轻货”。据同书卷一〇五“韦坚传”所云，豫章船轻货有“名瓷”、“酒器”、“茶釜”、“茶铛”、“茶椀（碗）”。此“名瓷”很可能与洪州瓷有关。唐五代时，我国瓷器传到了亚洲和非洲的许多地方，目前在日本、巴基斯坦、印度尼西亚、伊拉克、埃及等地都出土了许多唐代瓷器（片），其中有越窑和长沙窑青瓷，也有邢窑和定窑白瓷等[27]~[29]。

由于瓷器的使用已较普遍，关于瓷器的记载明显增多，“瓷”字的使用频率也高了起来，除前面提到的陆羽《茶经》、皮日休《茶瓯》、杜甫《又于韦处乞大邑瓷盌》、《旧唐书》卷一〇五“韦坚传”外，李肇《唐国史补》卷上、卷中和柳宗元《柳河东集》卷三九等都曾提到过“瓷”器、“甆”器或“兹”器。

此期陶瓷技术的主要成就，首先是原料选择和加工更为精细；胎中着色剂有所降低；白瓷在北方普遍发展起来，南方也烧出了白瓷，繁昌等五代瓷胎使用了 Al_2O_3 含量较高的原料；成型技术更为纯熟；在施釉技术上新创或初步发展了釉下彩、釉中彩、乳浊釉、花釉瓷，北方白瓷大量使用了化妆土；在低温釉陶方面创造了唐三彩；南方龙窑、北方马蹄窑技术都有了进一步发展，在装烧技术上推广了匣钵，烧造了一些大型产品和艺术陶瓷。隋唐陶瓷业得到较大发展，首先是由制瓷技术本身的发展规律决定的，官方的禁铜令，民间的喝茶风，以及外贸事业的发展，客观上也起到了促进的作用。

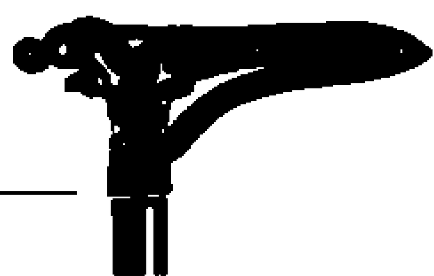
一、胎料选择和加工技术

（一）青瓷胎的成分选择

青瓷在东汉首盛于南方，北魏时北方也发展起来，但北方青瓷出现后，很快就向白瓷演变，并在唐代形成了以白瓷为主的局面。青瓷仍是唐代瓷器生产的主流，并达到了相当繁荣的阶段。

从东汉到唐代，我国瓷器生产基本上是以本地瓷土、瓷石为原料的，及至宋代，多数地方依然如此。在长期的生产实践中，各窑系都逐渐形成了自己的技术风格，浙江的越窑、瓯窑、婺州窑三大窑系，它们在东汉均已烧造青瓷，唐时均有一定发展；瓯窑胎白，釉淡青；婺州窑胎色泛红，釉青褐；越窑器最是精良。唐代越窑虽仍集中在上虞、余姚、宁波一带，但随着社会需瓷量的增加，绍兴、奉化等更为广泛的地区也发展起来，并形成了巨大窑群，其中最为繁荣的要算余姚地区。郭演仪分析过3件浙江象山、余姚、温州出土的唐代青瓷，器胎平均成分为：SiO_2 76.07%、Al_2O_3 16.57%、CaO 0.36%、MgO 0.47%、K_2O 3.03%、Na_2O 0.66%、Fe_2O_3 1.5%、FeO 1.25%、TiO_2 0.84%[30]。可见其 SiO_2 较高，Al_2O_3 较低，助熔剂总量较低，（CaO + MgO）仅为0.83%，与东汉六朝相差不大；其 Al_2O_3 量无明显的提高，但其 Fe_2O_3 和 TiO_2 量却明显降低。南方其他地区的青瓷大体上也显示了同样的特点。有学者分析过1件隋代武昌窑青瓷[30]、2件五代武昌青瓷，其 Al_2O_3 量皆处在19.5%～19.9%之间[31]，较景德镇瓷器稍高。有学者分析过1件五代景德镇青瓷，其 Al_2O_3 量只有16.92%[30]。长沙窑青瓷含铝量亦较景德镇的稍高，周世荣等分析过11件[32][33]、彭子成等分析过6件[34]唐长沙窑青瓷器，此17件瓷器平均成分为：SiO_2 73.59%、Al_2O_3 19.0%、Fe_2O_3 2.01%、CaO 0.33%、MgO 0.67%、K_2O 2.94%、Na_2O 0.2%、TiO_2 0.8%。南方青瓷中也有少数含铝稍高的制品，有学者分析过广东新会官冲窑多件瓷胎的成分，Al_2O_3 的平均含量约超过26%，1件黑釉瓷胎超过35%，窑址断代为唐至北宋[35]。

此时北方也生产过部分青瓷，器胎成分与南方有不少差别。有人分析过3件唐耀州瓷[30][35]、1件隋安阳瓷[30]，计4件，器胎平均成分为：SiO_2 65.92%、Al_2O_3 26.04%、Fe_2O_3 2.57%、TiO_2 1.73%、CaO 0.59%、MgO 0.68%、K_2O 2.2%、Na_2O 0.24%。



可见其SiO_2较南方青瓷为低，Al_2O_3较之为高，Fe_2O_3亦较之为高。这种南方青瓷多为高硅质，北方青瓷多为高铝质的情况，主要是南北原料条件差异造成的。

（二）白瓷胎的成分选择

白瓷约发明于北魏中期，隋代就逐渐成熟起来；唐、五代时，白瓷成了北方瓷器生产的主流，而且南方也开始烧造。1959年，安阳隋开皇十五年（595年）张盛墓出土一批白瓷，虽其仍具有青瓷的某些特征，但较北魏、北齐有了不少进步；稍后，西安隋大业四年（608年）李静训墓，郭家滩隋大业六年（610年）墓，以及姬威墓所出白瓷，都达到了较高水平。隋代北方白瓷窑目前在河北临城[36]、内丘等都有发现[37][38]，著名的邢窑便在临城、内丘境内。唐末五代时，邢窑白瓷的地位渐为曲阳定窑白瓷取代。南方白瓷约始见于唐，亦较早便烧造了一些品质较好的产品。唐李勣奉敕《新修本草》“玉石部”云：“白瓷屑，平无毒，广州良，余皆不如。”李勣即徐茂公，唐开国元勋。此虽说的是入药，但亦说明广州白瓷在唐代初期、早期已负盛名。由前引杜甫《又于韦处乞大邑瓷盌》诗可知，至迟唐代中期，四川也生产了质地优良的白瓷。故宫博物馆珍藏的一件唐五代白釉花口瓶，釉下刻有“丁大刚作瓶大好”七字铭，与长沙窑唐代瓷器书写的“卞家小口天下第一”、“郑家小口天下有名”做派相似，有学者认为它们很可能都是唐长沙窑生产的[39]。南方专烧白瓷的窑址约始见于五代时期，江西景德镇的胜梅亭、石虎湾、黄泥头[40]，湖北武昌青山[41]，安徽繁昌[42]~[44]等地都有发现；唐代南方白瓷窑则迄今未见。白瓷虽然发明较晚，但它纯洁、素雅，故一经出现，便迅速扩展开来，并对青瓷的主导地位产生了很大的冲击。

白瓷应是在高铝低铁粘土的基础上，由青瓷演变来的。唐代早期之前，我国北方瓷窑多烧青瓷。1985年及稍后，洛阳大市北魏遗址出土65件较为完整的瓷器，其中有青瓷53件、黑瓷9件，竟无一件完整的白瓷器。但其中Ⅱ式青瓷杯很值得注意，胎质洁白坚硬，胎薄釉薄，釉色淡青，流露了白瓷的特征和讯息[45]，也显示了青瓷向白瓷转变的过程。

李家治、郭演仪分析过5件唐代巩县白瓷[46]，平均成分为：SiO_2 58.38%、Al_2O_3 33.53%、Fe_2O_3 0.74%、TiO_2 0.96%、CaO 0.5%、MgO 0.42%、K_2O 3.75%、Na_2O 1.36%。可见其SiO_2含量较低，Al_2O_3较高，着色剂Fe_2O_3和TiO_2皆较低。其实，由青瓷过渡到白瓷的关键是减少胎中的Fe_2O_3量。尤其值得注意的是其中一件薄胎白瓷片（HG4），其SiO_2含量仅为53.41%，Al_2O_3含量却达37.15%；一件厚胎白瓷片（HG6），SiO_2仅为52.75%，而Al_2O_3含量却达37.49%，这是迄今所见白瓷中，SiO_2含量最低，Al_2O_3含量最高的例证。巩县白瓷的R_2O量亦较高，薄胎白瓷（HG4）达7.15%，厚胎白瓷（HG6）达7.35%，这便是两试样所含Al_2O_3量皆较高，却依然能在1 300℃下烧结的原因。在北方白瓷中，着色剂（Fe_2O_3 + TiO_2）量最低的是邢瓷，李家治、郭演仪还分析过7件唐代邢瓷的成分[46]，平均值为：SiO_2 62.53%、Al_2O_3 32.4%、CaO 0.75%、MgO 0.72%、K_2O 1.17%、Na_2O 0.48%、Fe_2O_3 0.91%、TiO_2 0.55%。可知其含硅量较高，着色剂总量较低，（Fe_2O_3 + TiO_2）为1.46%左右，其中TiO_2含量皆处于0.38%～0.87%间，其中有6件试样的Fe_2O_3处于0.48%～0.75%间，只有一件高达2.59%，故邢瓷白度一般

达70%，与景德镇清代初白瓷相当。

有学者分析过4件江西景德镇胜梅亭、石虎湾五代白瓷胎[46]，平均成分为：SiO_2 76.22%%、Al_2O_3 18.14%、Fe_2O_3 0.93%、K_2O 2.6%、Na_2O 0.39%。这景德镇白瓷与北方白瓷相同处是：Fe_2O_3 量较低；不同处是：SiO_2 量较北方为高，Al_2O_3 量较北方为低。与同一地区同一时代的青瓷相较，它们的不同处是：白瓷胎的 Fe_2O_3 量较青瓷的为低；相同处是：不管青瓷、白瓷，五代景德镇瓷器都是高硅低铝的。陈尧成分析过2件湖北武昌青山五代白瓷胎的化学成分，此两器的成分十分接近，平均值为：SiO_2 73.5%、Al_2O_3 20.4%、CaO 0.3%、MgO 0.1%、K_2O 4.2%、Na_2O 0.1%、Fe_2O_3 0.6%、TiO_2 0.2%。与景德镇白瓷大体处于同一成分范围，但含 Al_2O_3 量稍高。青山窑位于武昌县青山村，约始于五代，终于北宋晚期[41]。

有一点值得注意的是，不管景德镇的，还是武昌的，白瓷的 Al_2O_3 量皆较同一时代，或前代南方青瓷稍高。前面谈到，汉代越窑青瓷的平均 Al_2O_3 量为16.55%，魏晋南北朝南方青瓷为16.4%，唐代为16.57%；而景德镇五代白瓷的 Al_2O_3 平均值却达18.14%，武昌五代白瓷竟达20.4%。此外还有人分析过一件五代繁昌影青瓷，成分为：SiO_2 72.69%、Al_2O_3 21.52%、CaO 0.31%、MgO 0.27%、Fe_2O_3 0.76%、TiO_2 0.13%、K_2O 0.9%、Na_2O 3.31%、MnO 0.01%[42]。繁昌窑地处长江以南，始烧于五代，兴于北宋，废于南宋，是江南专烧影青瓷的窑口[42]~[44]，其 Al_2O_3 量较同一时期的武昌青山窑、景德镇窑白瓷都高，依此有学者认为当时便采用了二元配方，因繁昌县一般瓷土的 Al_2O_3 量皆较此数为低[42]。我们认为此须进一步研究才能定论：（1）如若当时果真采用了“瓷石+高岭土”的二元配方，为何宋、元，及至明代，许多南方瓷器依然含铝量较低呢？故纵然当时确在瓷土中掺入了高岭土，那也是无意识的偶然事件。（2）使用单一高硅瓷土，通过采、选、淘的方式，未必富集不出像武昌、繁昌瓷那种含铝量来。

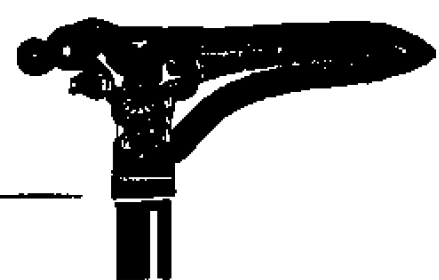
（三）黄釉瓷的成分选择

隋唐五代最有代表性的黄釉瓷是寿州瓷，林淑钦分析过4件唐寿州瓷胎，平均成分为 SiO_2 65.49%、Al_2O_3 27.48%、Fe_2O_3 2.87%、TiO_2 1.02%、K_2O 1.68%、Na_2O 0.35%[47]。可见：（1）其 SiO_2 较低，Al_2O_3 较高，与北方瓷较为接近。（2）Fe_2O_3 较高，这是黄釉瓷胎的一个重要特点，故其胎多呈浅黄色。陈显求分析过一件唐耀州窑黄釉瓷胎的化学成分[35]，与此亦较接近，其值为：SiO_2 65.21%、Al_2O_3 26.10%、CaO 0.84%、MgO 1.14%、K_2O 2.23%、Na_2O 0.23%、Fe_2O_3 2.26%、TiO_2 1.99%。

（四）关于婺州瓷的成分选择

婺州窑始烧于东汉，三国、两晋时获得较大发展，唐代中期后渐趋衰落。唐婺州（治所在今浙江金华）瓷通常选用两种原料分别制器：一是普通瓷土，主要用于执壶、碗、盏、钵等小型器物，烧成后胎质灰白或灰色；无釉时，器表亦呈淡红色；二是本地所产粉砂岩，多用于盘口壶、罐、盆等大型器物。粉砂岩容易粉碎，可塑性强，作大器时成型较易，亦易于并接和粘贴，烧成后胎成紫色或紫灰色[48]~[50]。婺州窑主要生产民用瓷器。

归结起来，此期瓷胎成分的基本特征是：（1）凡南方瓷器，不管青瓷还是白



瓷，一般都是高硅低铝的；凡北方瓷器，不管青瓷还是白瓷，一般都是高铝低硅的。当然也有少数例外。邢窑白瓷的 Al_2O_3 量一般在 28% ~35% 之间。（2）凡白瓷，不管南方还是北方，Fe_2O_3 和 TiO_2 量皆较低。（3）凡青瓷、黄釉瓷，不管南方北方，含钛都较高。有学者分析过一件耀州黑釉白瓷胎，其 Fe_2O_3 和 TiO_2 含量分别达 1.53% 和 1.36%[35]。（4）一般而言，北方白瓷胎所含 Fe_2O_3 量较南方白瓷稍低。这四方面中，第一方面主要是唐、五代及其此前的特征，五代、北宋之后，南方白瓷含铝量有所升高；后几方面则适用于更宽的历史年代。唐代制瓷原料的选择和配制，比前世有了进步，其中尤其值得注意的是巩县唐代薄胎和厚胎标本，在选择高铝料的同时，还选择了碱金属氧化物 R_2O 作熔剂，表现了相当高的技艺。

（五）唐三彩器胎的成分选择

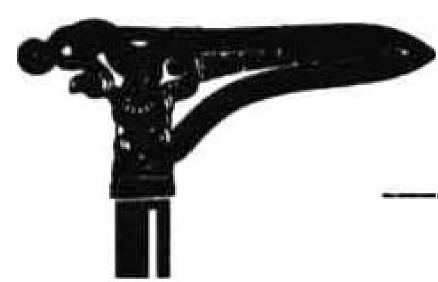
"唐三彩"是唐代三彩陶器的简称，它是一种低温铅釉陶，其以白色粘土作胎，以铜、铁、钴、锰为釉料的着色剂，并在釉中加入较多的炼铅熔渣和铅灰作助熔剂；先素烧一次，之后再施彩色釉，二次烧成。釉色呈深绿、浅绿、翠绿、黄、白、赭、褐等多种色彩。谓之"三彩"，实是多彩，也有两彩和单彩的。它约始创于唐高宗时期（650 ~683 年），唐玄宗开元（713 ~741 年）间便达鼎盛阶段，天宝时（742 ~756 年）数量渐减，质量下降、品种简化。目前年代最晚的三彩制品，出土于西安嘉里村裴氏小娘子墓（葬于唐宣宗大中四年，850 年）。唐三彩主要出土于西安、洛阳一带墓葬；扬州，以及山西、甘肃等地也有部分出土。主要用于明器，也有部分实用器和建筑材料等。它是唐代陶瓷工艺中的又一奇葩。

典型三彩器的胎质一般较白，唯部分标本因含铁量稍高，并在氧化性气氛中烧成而稍稍发红。张福康、李国祯等人曾分析过 6 件河南巩县和陕西出土的唐三彩器[51]~[53]，平均成分为：SiO_2 65.74%、Al_2O_3 27.59%、CaO 0.88%、MgO 0.46%、K_2O 1.66%、Na_2O 0.52%、Fe_2O_3 1.02%、TiO_2 1.24%。可见其与唐代一些巩县白瓷胎大体属于同一类型，基本特点都是 Al_2O_3 较高、Fe_2O_3 较低；唯三彩器胎料加工无白瓷胎精细，在显微镜下可见到较多的石英颗粒、未粉碎的粘土团块，及其聚集物[52]。三彩器之胎虽然含铝量稍高，但因烧造温度稍低，仍为陶质。

（六）原料加工技术

唐、五代制瓷原料的加工技术有了较大发展，在此，黄堡窑制瓷作坊遗址为我们提供了大量的宝贵资料。

从发掘情况看，唐黄堡窑遗址所见原料加工有粉碎、淘洗、沉淀、练泥、陈腐等设施。遗址所见胎料釉料粉碎工具有：石杵、石臼，以及带流的石盘。石杵计 4 件 4 式，皆长圆形；其中标本 IIT6④:7，长 38 厘米，一头大一头小，大头直径 22 厘米，小头直径 10 厘米，杵头较平。石臼 3 件 3 式，其中标本 IIT6④:8 近于圆锥形，底小而平，臼凹较深，口径 50 厘米、底径 17 厘米、壁厚 5.5 ~10 厘米，高 45 厘米。石臼有大有小，可能是分别用于粉碎硬料和小量釉料的。其第 202 号作坊为淘洗工序，内设淘洗池和沉淀池。淘洗池以耐火砖砌成，长宽 1.55 米 ×0.7 米，深 0.1 ~0.15 米，底部用耐火砖铺平。沉淀池位于淘洗池旁，长宽 1.5 米 ×9.65 米，深 0.6 米。一壁用耐火砖砌成，其余三壁均为土壁。此外，在沉淀池边上还有 9 个陶缸，今均残破，其中残留有细坩泥。地面留有厚约 10 厘米的踩踏层，皆为



坩泥。依此人们推测，其原料加工程序为：（1）将瓷土粉碎；（2）入淘洗池内淘洗，以除去粗粒和杂质；（3）把坩泥浆倾入沉淀池内沉淀；（4）将沉淀过的上层泥浆舀入大缸中，待水分渗漏挥发后便成了坩泥；（5）将坩泥从缸中取出，经练制，成为制作瓷器的胎泥。（6）胎泥经陈腐、练制，便可用于成型[54]。南方越窑的瓷石一般也要经过较好的粉碎和淘洗，坯泥在成型前一般都要揉练，故胎质细腻、致密，不见分层，气孔较少[55]。

二、成型装饰技术的发展和绞胎瓷的出现

（一）成型技术

此期的成型方法主要有轮制、模制、手捏三种。一般圆器皆在转盘上拉坯成型；一些附件用模制；一些小件和工艺品可用模制和手捏。唐黄堡窑出土过不少与成型和修整有关的工具，如转盘附件、盘头、刮泥板、转盘拨动器和各种模具。今举例说明如下：

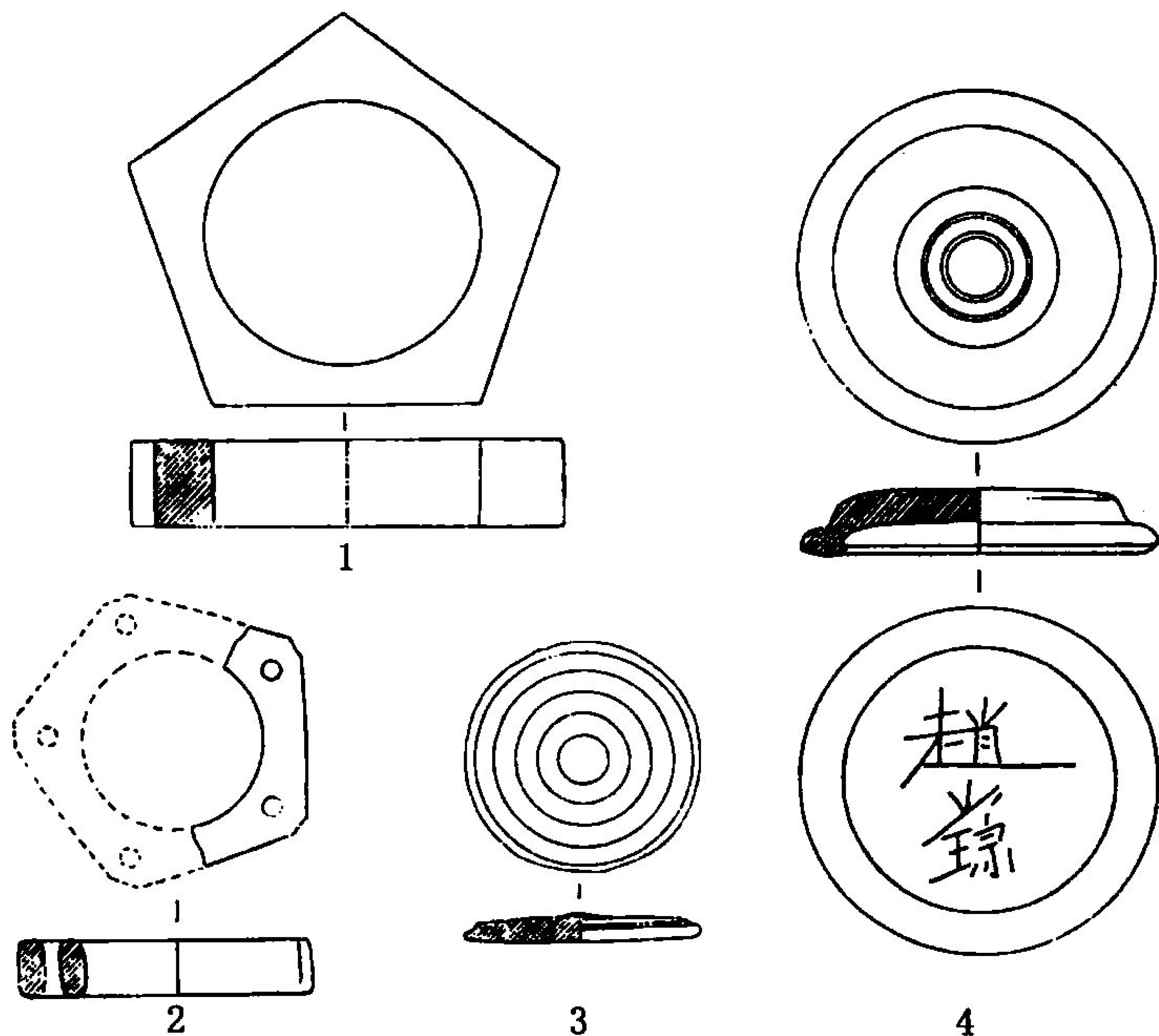
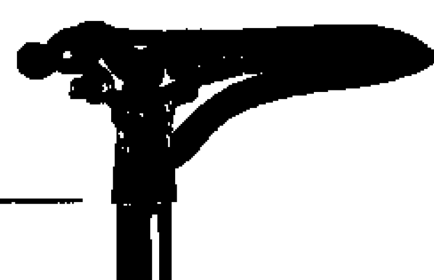


图 5－3－1　转盘附件和转盘头

1. 转盘附件ⅡZ2－3:47（铁质）　2. 转盘附件ⅣT2②:1（瓷质）
3. 盘头ⅠT11②:85（瓷质）　4. 盘头ⅡZ2－4:15（瓷质）
采自《唐代黄堡窑址》第469页

拉坯转盘。木质，圆形，直径约80厘米、厚约17厘米，转盘下的直轴亦为木质，深埋90厘米。

转盘附件计为4件4式，包括铁质1件，瓷质3件。其中标本IIZ2－3:47为铁质，呈五角形，轴孔径12.6厘米，棱边长12.4厘米，厚4厘米（图5－3－1，1）。其应安装在轮盘下面，套在木质车筒之外，使轮盘与车筒牢固地结合在一起。出于三彩作坊。



盘头计17件3式，皆为瓷质，多为覆盆形，部分为圆饼形。其中标本IIZ2－4:15，敞底，平宽沿，盘面直径16厘米，底直径21厘米，厚2.1厘米，高3.9厘米，沿下施黑釉，底刻“赵少琮”三字，这可能是匠人姓名，盘面中心有一圆形低凹部分，并刻有2周凹旋纹（图5－3－1，4）。盘头安置在转盘上面正中，在盘头上拉坯、修坯。

刮泥板，为修坯用的工具，计7件2式，有圆饼形，半圆形等，多为素烧瓷质，也有石质。

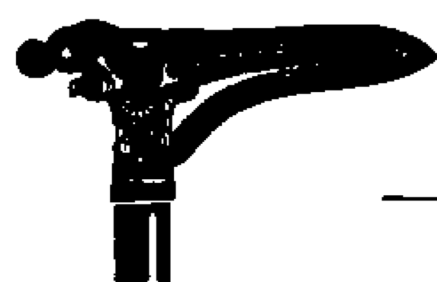
转盘拨动器，计9件8式，有方形、长方形、椭圆形等，瓷质，施黑釉。此器是安装在转盘上面边缘部位的。图5－3－1所示为铜川唐代黄堡窑部分拉坯成型工具[56]。

唐黄堡窑模制技术较为发展。一些特殊的器物，如鱼形瓶等，常用模具成型。模子常作两半，素烧。瓷塑或三彩陶塑，一般都用模具成型。人像多为前后合模，动物有前后合模也有左右合模，铃铛则上下合模；模外常刻合模符号，以免合模时错位。制枕是先将胎泥压成片并卷好，使用时将泥片切下放入模内挤压，粘结成型。模制器物有俑、狮子、猴、狗、骆驼、马、双鱼瓶、盅、壶嘴、壶柄、器足、器座、铃铛，以及枕等。圆器可拉坯成型，其附件模制。模具多为瓷质，素烧[56]。

长沙石渚出土过某种器物的附耳模，以及玩具龟的印模等[32]。金华孟宅窑瓷常用模制兽首作为装饰。

此期瓷器成型技术上的一个进步是生产了较多的大型器具。此技术约可上推到三国时期，始见于婺州窑，隋唐时有了进一步发展。如金华白龙桥出土的盘口龙瓶（盘已残），颈部饰盘龙，系上塑有龟和壁虎，残高达55厘米[50]；金华古方出土的褐釉盘口壶，高达60厘米以上，青釉龙瓶高达58厘米；至于高度为50厘米左右的各类盘口壶，在唐代早期窑口和墓葬中，几乎处处可见[49]。稍后，越州窑等也烧制了一些大型瓷器，临安板桥五代吴氏墓出土一件褐彩云纹四系瓶，高50.7厘米、腹径31.5厘米[57]。临安五代钱元玩等墓出土的几件瓷缸，高37.0厘米、口径62.5～64.7厘米、底径35～38厘米[58]。大型瓷器技术的推广，说明了整个瓷器技术的进步。

唐三彩的成型方式亦主要是拉坯、模制、捏塑三种，尤以模制和捏塑为多。从河南巩义市（原巩县）黄冶三彩窑址发掘情况看，模制法在大型制品、扁体、椭圆体、不规则体和特殊制品中，是使用得相当广泛的。黄冶窑约创烧于南北朝至隋，主要生产青瓷和白瓷；唐初正式烧造三彩器，并迅速成为该窑的主要产品；唐代中期，三彩器、绞胎器、各种单彩色釉器都进入了全面发展期；五代至宋金，黄冶三彩器日益萎缩。从工艺形态看，黄冶窑模具约可分为4种类型：（1）单模，主要用于较为简单的器物，包括器物的各种附件，整体成型的猪、狗、羊等动物俑和人面、兽面，以及井、磨等明器。（2）二合模，用于制作小型的人物、动物俑，多棱形器皿、乐器、窑具等，其中又包括左右（合）模、上下（合）模、前后（合）模三种。在接合部往往刻有吻合记号，有的模具背面刻有工匠姓名，个别的还刻有年代。（3）器物印花模。（4）组合模，主要用于一些器形较大、比较



复杂的器物，先用多组成套模具分别制作，最后粘合为一。若为高大的人物俑，可头部和躯体分别制作，在颈部粘接；也可在颈下部设插柱，直接将头部插入体部孔穴中[59]。

（二）装饰技术

常见的装饰法有三：

模印法。即用瓷质印模在瓷坯上压印出阴纹暗花，后施釉，入窑烧制。唐黄堡窑出土过6件纹样模，式样各不相同。其标本 IIH8:5 近于半圆形，模内刻一盛开的花朵，右下刻一“王”字。胎呈白色，宽9.4厘米、高7.9厘米、厚1.3厘米。

刻划法。用尖利工具在瓷坯上刻划出各种花纹，施釉后入窑烧制。为不着色的暗花。

粘贴法。先模印或捏制出一种浅雕图案，用泥浆粘附到器物表面，施釉后入窑烧制。

由于各种原因，各窑口使用这些方法的时间先后和频率是不太一样的，如刻划法，石渚长沙窑就使用得不多。

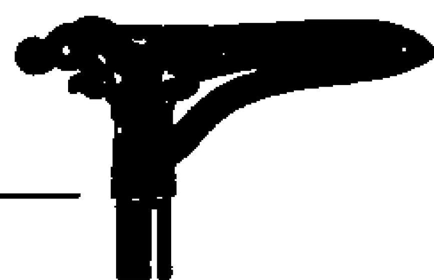
（三）绞胎器的发明

绞胎器的操作要点是：用褐、白两色胎泥，采用某种特殊方式相间地叠合在一起，经绞合、切片、贴合、拼接、挤压成型，此胎便具有了褐白相间的自然花纹[60][61]；其状如木纹，似凤尾，若彩云，千变万化，层出不穷。绞胎器有陶质、也有瓷质，有全绞，也有半绞；全绞即整器皆用绞胎泥制作，半绞即只在表层，或其他局部粘贴绞胎泥，以作装饰。绞胎器采用模制法成型，常见器物有绞胎枕等。这是我国古代陶瓷技术的一项特殊创造。

绞胎器至迟发明于唐代早期，1971年，懿德太子墓出土一件骑士俑，全器均为绞胎装饰，该墓葬于神龙二年（706年）。前此发掘的杨谏臣墓出土绞胎瓷一件，墓志铭有“开元二年”（714年）字样[62]。此外，浙江、上海、苏州、扬州，巩义黄冶，以及故宫博物院也都出土或收藏有绞胎瓷器。河南黄冶窑、陕西黄堡窑都是唐代绞胎器的重要产地，黄冶窑绞胎器的主要产品有枕、小盘、杯、碗等，连同残器和素烧器残片在内，出土有数百件之饶；黄冶窑也是目前所知产量最大、形制和花样最多的唐代绞胎器窑口[63]。

从工艺形态上看，绞胎器的发明很可能受到过百辟花纹钢和漆器中犀皮工艺的启发。前者是使用含碳量相差较大的铁碳合金，通过旋拧、绞合、多次折叠锻合而成的，约发明于东汉三国及至更早的年代[64]；后者是两种或多种色漆叠加在一起后雕刻成的，至迟发明于孙吴时期[65][66]。今在考古发掘和传世品中所见我国古代绞胎器大凡都是模制的，有的花纹较为规整，有的稍显紊乱，但却流畅。绞胎器当非轮制，轮制件的花纹应当是横向旋转，并稍稍向上的，这种纹路迄今未见。

绞胎器在我国沿用了相当长一个时期，明代还可看到。1988年江苏泰州出土一件绞胎陶罐，次年同地又出土一件绞胎釉陶壶[60][61]。但因绞胎器制作麻烦，产量一直较低。



三、釉彩技术的多项重大成就

隋代历时较短，在陶瓷技术上并无超越前代的建树，它的主要成就是北方白瓷有了发展；唐代在陶瓷技术上则贡献颇多，尤其是釉彩技术。从西安地区的唐墓发掘看，唐代初年到高宗时，是以青瓷为主的，白瓷较少。武则天至代宗，白瓷技术有了发展，釉色纯正滋润，青瓷施釉术亦有了提高，黑釉、黄釉、酱色釉相继出现，且产生了彩釉瓷器；德宗之后，施釉技术又有提高，瓷器品种更加丰富[67]。这是西安地区的情况，其他地方的基本历程亦大体如此。釉下彩、釉中彩、乳浊釉、唐三彩等都是唐代出现或开始兴起的品种。唐代以前，釉面基本上是单色的，迄唐，便突破了这种纯单色釉的局面，使瓷器变得绚丽多姿、五彩缤纷起来。

（一）青釉成分选择技术的发展和秘色瓷的出现

此期的青釉依然主要是高钙质的石灰釉，虽南北胎料条件不尽相同，但釉料成分却相差不是太大，这显然是人们有意选择的结果。郭演仪分析过3件浙江唐代青瓷釉的成分[30]，平均值为：SiO_2 60.31%、Al_2O_3 11.84%、Fe_2O_3 2.28%、TiO_2 0.64%、CaO 17.21%、MgO 2.13%、K_2O 2.14%、Na_2O 0.71%。郭演仪和陈显求又先后分析过1件安阳隋代青瓷釉片、3件耀州窑唐代青瓷釉片[30][35]，平均成分为：SiO_2 62.96%、Al_2O_3 13.79%、Fe_2O_3 1.69%、TiO_2 0.44%、CaO 16.51%、MgO 2.18%、K_2O 1.75%、Na_2O 0.21%。可见南北青瓷釉的成分的主要差别是，北方的Al_2O_3量稍稍偏高、Fe_2O_3量稍稍偏低。传统青瓷釉的主要助熔剂是CaO和K_2O；一般认为CaO主要由草木灰或石灰石、方解石引入；K_2O在南方主要由瓷石引入，北方主要由长石引入。此期青瓷釉中的K_2O仍然较低，南方北方一般都在3%以下。着色剂仍主要是铁的氧化物，因原料成分和铁还原比不同，各窑口青釉的颜色还存在不少差异。总的来看，宋代以前北方的青瓷釉不如南方的典雅、柔和。

在此顺带提一下“秘色瓷”，这是个长时期使学术界感到困惑的问题。

“秘色”之说始见于唐陆龟蒙（？~881年）《秘色越器》诗，作者在诗中以“九秋风露越窑开，夺得千峰翠色来”[68]的诗句描写了秘色越器之佳美，因越窑一直是青釉，故此“千峰翠色”当指青釉言。但其具体形态如何，世人却长时期不得其解。1987年，陕西扶风法门寺出土了16件精美瓷器，其账单上又有“秘色瓷”之说，这才为“秘色瓷”提供了较好的例证。所谓“秘色”，原是质地优良、制作精美，釉色以青绿为主的一种越器之色，其实是一种“青绿”釉。一般认为，其色稍稍泛绿，当与其FeO含量稍高（如还原比FeO/Fe_2O_3达55%）有关，普通越窑青釉所含FeO则较之稍低（还原比FeO/Fe_2O_3常为40%~45%）。有学者曾对1件唐上林湖贡窑出土的秘色瓷釉作过成分分析，与上述浙江唐代青釉成分基本一致[69]。因法门寺地宫建于咸通十五年（814年），故“秘色瓷”始烧年代应在此之前。《景德镇陶录》卷七认为，五代时，吴越王钱氏、蜀王建都曾烧造这种瓷器以贡献于中原王朝。宋代之后，虽越窑衰落，这名称却保留了下来，并被人长时期用到了龙泉青瓷上[70]。

（二）白釉成分选择技术的发展

白釉约发明于北魏至北齐时期，隋唐便有了较大发展。此时的南北白瓷釉亦主要是石灰釉，但北方还使用了不少石灰—碱釉和碱—石灰釉。石灰釉的基本特点是着色剂 Fe_2O_3 量较低，TiO_2 亦经常较低。李家治、郭演仪等分析过5件河南巩县（今称巩义市）唐代白瓷釉[46]，平均成分为：SiO_2 65.97%、Al_2O_3 16.45%、Fe_2O_3 0.75%、TiO_2 0.36%、CaO 9.21%、MgO 1.97%、K_2O 3.08%、Na_2O 1.7%。可见其 Fe_2O_3 和 TiO_2 都较北方青瓷为低，故釉的白度较高；其 R_2O 平均值高达 4.78%，有利于釉的烧成。李家治、郭演仪两位又分析了7件隋唐时期的邢窑白瓷釉[46]，其含硅量和含铝量都不太高，含铁量和含钛量却都较低。SiO_2 为 60%～71%，平均 67.367%；Al_2O_3 为 13.3%～19.5%，平均 17.328%；Fe_2O_3 为 0.4%～0.88%，平均 0.607%；TiO_2 为 0～0.2%，平均 0.096%。故所谓白釉，实是一种含铁、钛等着色元素都很低的瓷釉。邢窑白瓷的着色剂 Fe_2O_3、TiO_2 量较巩县白瓷更低，故其白度更高。

有学者分析过3件南方五代的白釉片（景德镇1件[46]、武昌2件[41]），平均成分为：SiO_2 67.09%、Al_2O_3 14.66%、Fe_2O_3 0.68%、TiO_2 0.15%、CaO 12.44%、MgO 0.95%、K_2O 3.23%、Na_2O 0.21%。可见这南方白瓷釉与北方并无太大差别，着色剂量都较低。唯北方白瓷釉 MgO 稍高，有学者认为可能是加入了一定量白云石等含镁矿物之故[53][70]。南方白瓷釉的 K_2O 量稍大于3%，北方部分白瓷釉亦常如此。

在此还有一点值得注意的是：此期人们在使用石灰釉的同时，北方的巩县窑、邢窑都使用过一些碱土金属氧化物，即 RO（CaO + MgO）含量稍低，碱金属氧化物 R_2O（$K_2O + Na_2O$）含量稍高的“石灰—碱釉”或“碱—石灰釉”。本书第二章谈到了一种对古代瓷釉分类的简便方法，该法的缺点是具体操作时，有的标本不易归类，今再介绍一种摩尔数计算法，归类就方便一些。如唐巩县中胎白瓷釉 HG7，其 RO 和 R_2O 的重量百分比含量为：CaO 3.3%、MgO 4.14%、K_2O 2.86%、Na_2O 2.79%[46]；经计算，若釉式中（$RO + R_2O$）摩尔数设定为1，其中 RO 的釉式分子数便为0.67，应属“石灰—碱釉”。隋邢窑白瓷釉 YN6 相应的成分为：CaO 2.7%、MgO 0.7%、K_2O 6.4%、Na_2O 1.3%[71]；经计算，其釉式中 RO 的釉式分子数便为0.42，应属“碱—石灰釉”；隋邢窑白瓷釉 YN7 的成分为：CaO 8.4%、MgO 1.3%、K_2O 4.7%、Na_2O 1.4%[71]；经计算，其 RO 的釉式分子数为0.72，应属“石灰—碱釉”（表5－3－1）。有关这几种釉的分级标准，下章再作详细介绍。这种方法的缺点是计算起来也有些麻烦。

有学者还在此期北方瓷釉中分出了一种“钙—镁釉”来，说这种釉的基本特点是：其助熔剂以 CaO 为主，以 MgO 为辅，釉中4种主要助熔剂含量情况为：CaO 量 > MgO 量 > K_2O 量、Na_2O 量。其 CaO 含量常低于12%，MgO 含量较一般石灰釉稍高。这种分类法也有一定好处，它把 RO 中的 CaO 和 MgO 严格地区分开来了，而摩尔数计算法则是将 RO 当成了 CaO，即将 MgO 当作 CaO 一起计算的。本书主要介绍摩尔数计算法，而把“钙—镁釉”看成是石灰釉的一个分支或特例。

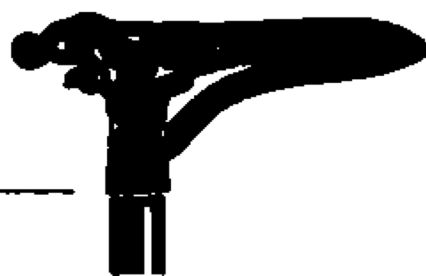


表5-3-1 唐代瓷釉碱土金属和碱金属氧化物的釉式分子数计算

样号	分子数类别	氧化物及其分子量			
		CaO 56.08	MgO 40.32	K_2O 94.19	Na_2O 61.99
唐巩县中胎白瓷釉 HG7	重量百分比的分子数	3.3/56.08 =0.0588445	4.14/40.32 =0.1026785	2.86/94.19 =0.0303641	2.79/61.99 =0.0450072
	令($RO+R_2O$)为1时，釉式中的分子数	0.0588445/0.2401712 =0.2450106	0.1026785/0.2401712 =0.4275221		
隋邢窑白瓷釉 YN6	重量百分比的分子数	2.70/56.08 =0.0481455	0.70/40.32 =0.0173611	6.40/94.19 =0.0679477	1.40/61.99 =0.0225842
	令($RO+R_2O$)为1时，釉式中的分子数	0.0481455/0.1560385 =0.3085488	0.0173611/0.1560385 =0.1112616		
隋邢窑白瓷釉 YN7	重量百分比的分子数	8.40/56.08 =0.149786	1.30/40.32 =0.032242	4.70/94.19 =0.0498991	1.40/61.99 =0.0225842
	令($RO+R_2O$)为1时，釉式中的分子数	0.149786/0.2545113 =0.5885239	0.032242/0.2545113 =0.1266819		

（三）黄釉和黑釉的成分选择

唐代黄釉以寿州窑最负盛名。寿州窑约始烧于南朝陈时，隋代以前主要用还原焰烧造青瓷，唐代就采用了氧焰来烧造黄釉瓷器[72]，是唐代六大名窑之一。有学者分析过5件唐代寿州瓷黄釉[47]，平均成分为：SiO_2 61.06%、Al_2O_3 14.62%、Fe_2O_3 4.02%、TiO_2 0.6%、CaO 13.34%、MgO 2.38%、K_2O 2.14%、Na_2O 0.52%、MnO 0.31%，与其他瓷釉相比较，最大特点是Fe_2O_3和TiO_2含量较高。

我国古代南北不少窑口都烧造过黑釉器，北方主要有耀州窑、巩县窑、淄博窑等，这种釉的主要特点是含铁量较高，在还原焰中烧成，有学者分析过一件唐耀州窑白胎黑釉片，成分为：SiO_2 65.92%、Al_2O_3 12.80%、Fe_2O_3 5.24%、TiO_2 0.83%、CaO 8.70%、MgO 3.41%、K_2O 2.83%、Na_2O 0.26%[35]。一件唐寿州窑黑釉片，成分为：SiO_2 63.24%、Al_2O_3 17.35%、Fe_2O_3 5.56%、TiO_2 0.82%、CaO 6.0%、MgO 2.43%[47]。虽两地相去甚远，但成分却相差不大。

这是隋、唐、五代青釉、白釉、黄釉、黑釉成分的基本情况。可知：（1）不管南方北方，由白釉至青釉、黄釉，Fe_2O_3量呈现了升高的趋势，TiO_2量亦大抵如此。（2）各种瓷釉的助熔剂总量多在20%～25%之间，只有少数偏高和偏低，巩县白瓷的则多在20%上下。（3）青瓷釉片的（CaO+MgO）量多在16%～20%间，白瓷釉片则多在10%～14%之间，一件巩县白瓷釉只有7.44%；两件黑釉的也较低。（4）至唐五代为止，一般试样的（K_2O+Na_2O）量皆为2%～3%，只有几件巩县白瓷釉达5%～6%。此期之釉大体上仍属石灰釉。

（四）化妆土在北方制瓷技术上的推广

瓷器上的化妆土技术约始于西晋婺州窑[50]，南朝之后，浙江青瓷已很少再用；但隋唐时期，却在北方白瓷上迅速推广开来，技术上亦发展到较高水平；直到宋代，许多北方窑口仍在使用。若瓷胎本色较白，人们便直接挂釉；若胎色发黄、发灰，便先施化妆土后挂釉。邢窑一件厚胎白瓷的Fe_2O_3含量达2.59%，TiO_2量达0.87%，两者之和达3.46%，若不施化妆土，势必影响釉面颜色。定窑创烧于唐代早期[73][74]，唐代中期已相当发达，窑址在今河北曲阳涧磁村及东西燕川村，古属定州，因名。早期定窑生产粗胎的青釉、黄釉、褐釉和白釉瓷器，断口上并

见有较多的褐色斑点，故常施化妆土以改善胎面质量；唐代晚期至五代，其胎质细白致密，再无此之需，釉色白里泛青，不亚于现代一般白瓷[46]。长沙窑瓷器一般质较粗，白度不高，常先施化妆土，之后再施彩釉[75]。寿州瓷胎的 Fe_2O_3 量较高，加之表面粗涩，亦常施一层白细的化妆土[72]。化妆土技术的推广，是唐代瓷器技术的一项重要成果。

陈显求分析过唐耀州窑生产的3件标本，即青瓷、黑釉白瓷、黄釉瓷上的化妆土成分，平均值为：SiO_2 59.26%、Al_2O_3 31.88%、Fe_2O_3 1.28%、TiO_2 1.81%、CaO 1.97%、MgO 0.59%、K_2O 2.94%、Na_2O 0.25%[35]。可见其 Al_2O_3 量较高，Fe_2O_3 和 TiO_2 量较白釉瓷稍高；从 Al_2O_3 和着色剂含量上看，与耀州白瓷胎比较接近，但其 R_2O 总量却较之为高；看来此化妆土应白度稍高，熔点则介于胎和釉之间。

（五）釉下彩的发展

从表面有无装饰的角度看，瓷器又可区分为素瓷和彩瓷两种，素瓷即未加彩饰的白瓷，彩瓷则是施有彩饰的瓷器。依据彩饰的方式，彩瓷又包括釉下彩、釉上彩、釉中彩等种。“釉下彩”是釉下彩瓷器的简称，是在成型了的素胎上用色料绘画，之后上釉，入窑一次高温烧成的。素胎上有时要涂一层化妆土，彩料有绿、褐、蓝、红等色；釉为高温石灰釉，常为青釉。其彩在釉下，永不褪脱，光洁平整，颜色鲜艳，操作简便，深受世人欢迎。釉下彩又包括釉下青花、釉里红、釉下三彩、釉下五彩、釉下褐彩、褐绿彩等。此工艺约始创于三国西晋时期[76]，唐五代便较多地使用起来；唐长沙窑、邛崃窑、耀州窑都有烧造；扬州手工业作坊亦发现了多种形式的釉下彩。长沙窑约兴起于唐天宝年间，盛于唐代晚期，衰落于五代[8]；其既烧青瓷，亦烧少量白瓷、黑瓷，褐、绿、红釉瓷，但以釉下彩最具特色。釉下彩有绿、褐、蓝等色，在瓦渣坪[77]、石渚[32]都可看到；其釉仍为石灰釉，彩以铜和铁的氧化物着色。长沙窑产品中，单色釉器约占54%，釉下彩器约占41%。单色釉包括青、酱、白、绿釉和少量红釉；釉下彩包括釉下单彩和釉下多彩，釉下单彩又有青釉褐彩、青釉绿彩、白釉绿彩，釉下多彩又有青釉褐绿（红）彩，白釉褐绿（红）彩[75]。邛崃窑约始于南朝，主要烧青瓷，唐代盛极，北宋之后渐衰。1988年邛崃瓦窑山发现一处隋代窑址，出土有连珠纹釉下彩瓷器[78]；前此还发现过一种釉下三彩，即在素胎上用绿、黄、褐三色绘成图案，或一些散状斑纹，再涂以米黄色或白色的釉，高温下一次烧成[79]。

在釉下彩瓷中，最受世人关注和珍爱的要算釉下青花，它是以含钴矿物为着色剂，在生胎上绘画，之后上釉，高温下一次烧成的，整个构图为白地蓝彩，色泽简洁明快，给人一种清新素雅之感，具有中国传统水墨画的效果。

釉下青花技术约发明于唐，20世纪70年代之后的20多年里，扬州地区已发现9批30多件青花瓷片。1975年，唐扬州故城出土1件青花瓷枕残片，残长8.5厘米、宽6.7厘米、厚0.6厘米，釉层厚0.1毫米；瓷胎灰白，正面釉色灰白，并有细小冰裂纹，青花图案为零散的碎片夹菱形文，与后世青花文饰迥异[80][81]。20世纪80年代，扬州唐城遗址先后发现了6批，其中比较值得注意的是1983年，唐城范围内所出一批具有唐代造型特征的青花瓷壶、碗、盘等残片，计约10余

块[82]~[87]。1990年，扬州文化宫南唐代遗址发掘14片，器形有碗、盘、壶、枕，青花饰纹有梅花点、花草、椰子等[88]。此外，1974年，扬州一农民在平整土地时也发现过一件白釉蓝点纹盖罐，据考察认为也是一种青花器[89]。尤其值得注意的是，1993年前后，巩县黄冶窑场被盗掘，其中亦不乏白釉蓝彩器，如小型完整的执壶、碗各1件，另有青花碗、水注等器残片[90]。2002年，黄冶窑址考古发掘时，出土了大量唐三彩，亦出土了部分胎质纯净、器形规整、火候较高，更为成熟的青花器残片，器形有碗、盏、罐等[91]。迄今为止，所见青花器较多的是郑州地区，博物馆和个人都有收藏，据有关资料统计，完好或基本完好的器物应在10件以上，残片则有三四十件[92]。此外，洛阳、香港、南京等地也有收藏。1980年，有人在洛阳收集到一批多件，其中一件为壶；1989年有人在洛阳收集到一件青花瓷罐盖；香港冯平山博物馆藏有一件唐青花条彩三足盂，传为1948年洛阳出土；国外至少5个地方藏有唐代青花片，美国波士顿泛美艺术馆藏有一件青花瓷碗、丹麦哥本哈根装饰艺术博物馆藏有一件青花瓷罐、瑞典斯德哥尔摩远东古物博物馆有一件青花小壶、伊拉克撒马拉遗址与阿曼苏哈尔遗址亦发现过唐青花瓷残片[93]。

迄今所见唐代青花瓷不仅外观相同，胎釉化学成分接近，而且装饰和烧成工艺也基本相同。另外，它们与唐代巩县白瓷有着十分密切的关系，不仅胎、釉的化学成分比较接近，而且同类器物的成型、烧造工艺也很相似，故很早便有学者认为这些唐代青花瓷应当是巩县窑的产品[53][94][95]。今巩县黄冶窑青花器的出土，则更证明了这一点[91]。有学者分析过4件青花瓷胎[81][94]，平均成分为：SiO_2 63.09%、Al_2O_3 29.86%、CaO 0.67%、MgO 0.51%、K_2O 2.75%、Na_2O 0.47%、Fe_2O_3 1.06%、TiO_2 1.21%。其Al_2O_3量介于28.71%~30.95%间。有学者分析过3件唐代"青花+釉"的成分[71][81][94]，平均值为：CaO 12.11%、MgO 1.6%、K_2O 2.61%、Na_2O 1.22%、Fe_2O_3 1.09%、MnO 0.17%、CoO 0.4%、CuO 0.12%。其CuO/CoO比为0.3，而MnO/CoO比为0.425，Fe_2O_3/CoO为2.725，此比值与河南唐三彩釉的蓝彩较为接近（表5-3-2）。可见，青花器的青花料，与三彩器的蓝彩料，都是以氧化钴为着色剂的。从分析情况看，唐青花料的钴矿含有少量铜、铁，而硅、铝等氧化物含量较低，矿料颗粒较粗，故钴蓝点分布不够均匀；它可能产于南非、中亚，也可能是我国甘肃、河北一带[94]。在此有一点需注意的是：唐三彩是低温釉陶器，釉下青花是高温彩瓷器，虽然彩料中都有钴着色，但两者是有差别的。

在唐代釉下彩中，还有一个值得注意的品种，即耀州窑釉下褐彩瓷器，它是以化妆土在素胎上描绘出各种花纹，之后入窑烧造而成的。唐耀州窑还使用了一种黑釉剔光填白彩的技法，这在其他窑口是不曾看到的[35][96]。

（六）高温釉上彩的发展

这是彩瓷的另一个品种。基本操作是：先在素胎上遍涂不透明白釉，再在其上施彩，后入窑一次烧成；烧成后色料熔入釉中，彩、釉结合紧密，有近于釉下彩的艺术效果；因其彩溶入了釉中，故谓之"釉中彩"。因釉上彩分为高温型和低温型两种，而通常说的"釉上彩"往往是指低温型，故加上"高温"二字以示区别。

高温釉上彩技术约始见于东晋时期，唐代有了一定发展，长沙窑瓦渣坪所见彩色有红色、绿色，也有蓝、酱、褐及其他颜色，常作多种纹样装饰[75][77]。唐耀州窑也有



类似的工艺，习见操作有二，一是先在薄胎上施化妆土，再罩透明釉，再绘绿彩，最后成为别具一格的奶油色绿彩器；二是胎上施黑釉，再涂白色斑块或弦纹[35]。

表 5－3－2　　　　　　唐青花和唐三彩之蓝彩着色元素的比较

名　称	编　号	着色氧化物含量(%)				MnO/CoO	CuO/CoO	Fe_2O_3/CoO
		CoO	MnO	Fe_2O_3	CuO			
巩县窑唐三彩之蓝彩	T－1	1.63	0.03	0.99	0.38	0.02	0.23	0.61
	T－6	0.56	0.02	0.7	0.24	0.04	0.43	1.25
	T－7	0.47	0.02	1.10	0.19	0.04	0.40	2.23
唐青花瓷“釉＋彩料”	1975 年唐扬州青花枕 TB－W	0.32	0.07	0.82	0.09	0.22	0.28	2.56
	TBW4	0.32	0.1	1.4	0.06	0.31	0.18	4.38
	1980 年出土唐青花器 TY－1	0.57	0.18	1.04	0.22	0.32	0.39	1.82

注：采自文献[71]。但表右的几个比值，本书在转引时有所改动。

（七）乳浊釉的发展

如前所云，梁怀安窑已生产不少乳浊釉瓷器，唐代早期又有了一些发展，浙江龙游方坦窑、衢县上叶窑出土的盘口壶、罐、盆、钵、碗、盏等都采用过这一工艺。两处窑址皆以白色乳浊釉为主，少数为天青、天蓝色，釉层比同一时期的青瓷稍厚，釉层均匀，釉面光洁[48]。部分唐代北方窑口虽也使用过天蓝色、月白色瓷釉，但它通常只作点缀性装饰，很少遍体涂施，技术上无婺州窑成熟。

（八）花釉的进一步发展

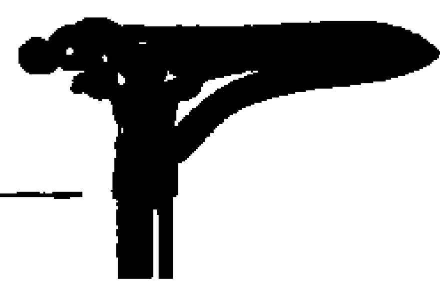
由两种不同的色釉配合、组合而成。类似的工艺始见于东晋，当时在婺州窑的一些盘口壶、鸡头壶等器的口沿部作彩斑状装饰[48]，唐代之后进一步发展起来。此两种色釉的组合方式有二：一是深色地浅色斑，即以黑釉、黄釉、黄褐釉、茶叶末釉为地色，再饰以天蓝色、月白色釉的斑块；二是浅色地深色斑，即以青釉、乳浊釉为地色，再饰以褐色釉的斑块。斑块或作规则排列，或任意绘制，或任其自然流畅。两色上下相映，互相衬托，色泽格外强烈、明快。前一方式所见较多，河南的郏县、鲁山、内乡、禹县等地都有使用；后一方式多见于浙江金华（原婺州）地区；南北色调组合虽有不同，却有异曲同工之妙。

（九）影青瓷的出现

又叫青白瓷，釉色白中泛青，青中泛白，莹润淡雅；胎质既细且洁，犹如青玉。始见于五代繁昌窑上，1984 年繁昌南郊窑工墓出土一件影青釉盘口壶，1986 年铜陵市亦出土一件影青釉盘口壶，两者形制颇为相似。繁昌窑创建于唐，始烧白瓷，五代至宋元增烧影青瓷[42]。有学者认为河南影青瓷的创烧期亦可上推到五代或更早[97]。

（十）唐代三彩釉技术

唐代三彩釉是在汉代低温釉陶和唐初彩绘陶基础上发展、演变过来的[94][98]，它们都是一种低温型铅釉。绿釉（包括汉绿釉、唐三彩的绿釉等）都是以铜、铁两种氧化物着色的；但唐三彩的蓝釉却增加了钴和锰两种氧化物为着色剂；唐三彩黄釉与普通黄釉瓷同样，皆以铁着色。有学者分析过陕西和河南的 2 件唐三彩陶器的黄釉，其 Fe_2O_3 量分别达 4.87%、4.18%[52]，与前述 5 件寿州瓷黄釉 Fe_2O_3



平均含量（4.02%）比较接近。而此陕西三彩黄釉的 Al_2O_3 量仅 6.93%，可见此三彩黄釉的原料应是含铁较高，含铝稍低的矿物（如赫石等）[95]。1972 年，陕西乾县麟德元年（664 年）郑仁泰墓出土了大批彩绘釉陶俑，胎质洁白、坚硬，上施黄、绿釉，釉上绘彩[98]，唐三彩一些操作当与此接近。

从黄堡窑的情况看，三彩器的胎料与瓷器是基本一致的，绝大多数都是高岭土质，颜色一般泛白，或白中微泛红，皆较细腻，经粉碎、淘洗、沉淀、脱水后再成型。黄堡窑三彩器的成型方法也有两种或三种，圆器皆拉坯而成，人物造型等可直接捏塑；有的器物可用翻模法，模具用瓷土素烧而成。其胎釉一般结合较好，很少有脱落现象[63]。唐三彩通常采用两次烧成法，先在马蹄窑中素烧生坯，温度约 1050℃；后施以各种颜色的色釉，再入直焰窑中烧釉，温度约 900℃，为氧化焰[53]。因三彩器胎含铝量稍高，先在稍高的温度下素烧一次便有利于提高它的强度。也有学者认为唐三彩既可两次烧造，亦可一次烧造；此说或有一定道理，但有一点可以肯定的是，两次烧造应是它的主要操作方式。

黄堡窑还出土过一批不曾施釉的素烧器，而且种类和数量都较多。有的当是成品，有的则可能是瓷器和琉璃瓦的半成品，可见黄堡窑不但三彩器须两次烧造，就是琉璃和瓷器也有两次烧造的。第一步皆是生坯不施釉，先入窑素烧，施釉后，再入窑烧造成器[99]。

（十一）施釉技术的发展

此期的施釉法依然主要是荡釉、蘸釉、涂釉等种；器里常用荡釉，器表常用蘸釉。但往往亦因时因地而异。唐长沙窑所用有荡釉、浸釉、淋釉、滴釉和涂釉等[100]。唐黄堡窑主要有蘸釉和涂釉，施釉前往往先上一层化妆土；有时，器里和器表施两种不同颜色的釉[101]。为了便于叠烧，隋代以及唐代前期，一些窑口往往只将釉汁施到器物的上部和中下部，而器里、器外近底部经常是不施釉的；使用匣钵装烧后，施釉部位又向器物下部作了不同程度的延伸。五代黄堡窑多施满釉，足上裹釉；也有的足底施釉后再将之刮去一小圈[102]。

四、筑窑和装烧技术的重要进步

（一）筑窑技术

从先秦到唐代，我国古代瓷窑的基本形态有二：一是馒头窑，其窑室平面有圆形、椭圆形、马蹄形、苹果形、方形、三角形等，由先秦到清代，它们基本上皆属半倒焰窑；二是龙窑，前期龙窑皆属平焰窑，宋后又出现了半倒焰式龙窑。在隋、唐、五代，馒头窑主要见于北方，南方也有使用；龙窑仍主要用于南方。宋元时期，南方出现了葫芦窑；元代及明代早期，景德镇多用葫芦窑；清代景德镇使用了蛋形窑。窑炉的具体形态，往往因时代、地域和操作习惯而各有不同；原料和燃料条件、装烧技术、对产品的不同要求等，都会影响到窑炉的结构。不管陶窑还是瓷窑，人们对它的基本要求是：热能利用率较高、温度分布较为合理，所以窑炉的发展，也反映出古代热工学的发展过程。

唐代圆窑容积往往较小。陕西铜川唐代黄堡窑的 3 座三彩窑都是半倒焰窑；瓷窑中 2 座为横焰窑，4 座半倒烟窑；窑底皆近于马蹄形。其中 6 号瓷窑为半倒焰窑，由窑门、燃烧室、窑室、烟囱四部分组成，残长 8.28 米。燃烧室呈扇形，用

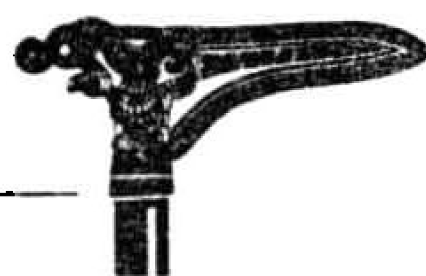
砖砌成，呈斜坡状，计分三级台阶；窑室面积约10.95米^2，近于方形，较燃烧室最高一级台阶高出0.42米；计两座烟囱，皆用砖砌成；每个烟囱底部都有两个吸烟孔[103]，这对于火焰均匀分布将产生重要的影响。这种双烟囱结构也是唐宋瓷窑的一个重要特点[104]。河北曲阳定窑窑床平面近于方形，长约2.2米，宽达2.6米；前高后低，倾斜约10度；燃室深达1.6米，烟囱较为宽大[105]；烧成温度可达1300℃～1350℃。广东潮安北堤头陶窑，高1.3米，窑床前宽后窄，长度稍大于宽度，燃烧室深仅为0.4米[106]。此外，山东宁阳西太平[107]、河北临城祁村[104]等也发现过唐五代窑炉。有学者认为，山东等北方地区在唐五代时，窑炉逐渐趋于规整，窑室平面多呈“U”字形，部分窑室平面变宽，及至部分窑室的宽度大于长度[107]。

我国龙窑发明较早，南朝之后逐渐成熟起来。从现代技术观点看，龙窑的抽力、长度，与窑内结构和装烧情况都有一定关系，如坡度，合理的设计应是窑头坡度稍大，以利于上火，窑尾坡度稍小，以利于存火。现代龙窑长约40～100米，宽1.5～2.5米，高1.6～2.0米，窑头倾斜20度，窑身15度，窑尾10度，窑身两侧约隔1米左右设有投柴口。隋唐时期，龙窑在南方已相当普遍，目前在浙江、江西、广东、湖南、四川等都有发现，其技术上的进步主要有二：（1）总体上看，长度增加、高度增大、坡度更趋合理；（2）有的地方用砖等砌造部分窑体，从而为窑体加高创造了更好的条件。1988年，四川邛崃发现一座隋代龙窑，长46.5米[78]。丽水吕步坑发现一座唐代龙窑，残长39.85米、宽1.7米，窑身前段倾斜10度，中后段12度[108]。广州西村晚唐至北宋龙窑长35米。长沙铜官窑发掘了两座唐代龙窑，一座长约28米，窑床宽3.3米，坡度20度；另一座长约40米，宽2.8米，窑墙残高0.4米[100]。江西丰城罗湖洪州窑发现一座隋代、两座唐代龙窑，其隋代龙窑亦用砖和砖坯依山砌成，窑全斜长21.6米，火膛斜度11度，窑室前部、后部、窑尾的倾斜度分别为18度、24度、17度，窑室斜长16.02米，宽1.9～1.95米，窑室前部最宽处达1.8米[109]；其唐代龙窑一座全长18米、宽1.8米、残高0.7米，倾斜15～19度，窑头隔墙用砖迭砌[110]。洪州窑至迟始烧于东汉晚期，东晋南朝进入鼎盛阶段，盛烧期一直延续到唐代中期，晚唐和五代始衰[109]。

（二）装烧技术的重大发展

此期装烧技术的主要成就是南方、北方瓷窑都较普遍采用了匣钵，支烧具和垫具的使用技术也有了发展；窑内温度、气氛控制水平有了提高，不少窑口使用了火照。至迟五代，景德镇就使用了覆烧法。

早期青瓷、白瓷都是直接放在窑床上，用明焰烧成的，坯件下置有垫具，坯件间置有间隔具；凡碗、盘等口大底小，能够重叠的坯件，皆逐层叠装，以增加装烧量；为了承重，器底一般作得较厚；烧成后，器物内外底都留有窑具支烧的痕迹。此法的缺点是：釉面常有烟薰和粘着砂粒等。为此，东晋南朝时就发明了匣钵，把坯件置于匣钵中烧造；但当时使用量很少，南朝末期和隋朝才有了一些发展，如山东曲阜宋家村出有隋代圆筒形匣具[111]，河北邢窑出有隋代桶形匣钵[112]、广西桂林窑出有南朝后期至隋代匣具[113]。唐代中晚期，匣具便在全国范围推广开来，当时的许多名窑，北方黄堡窑，南方湖南长沙窑、湘阴岳州窑、江西丰城的洪州窑、广州西村窑、四川邛窑、浙江宁波窑等都有出土。越窑采用匣



钵稍晚，大约是唐代中期晚段才使用的[114]。北方的山东曲阜[115]、河南巩义黄冶窑[59]、河北曲阳定窑等此时都已采用了匣钵装烧；除了罂等大件器物外，皆置于匣钵之内，之后再将匣钵叠成柱状进行烧造；因有匣钵保护，坯件不受重压，不易损坏，也减少了明火对坯件的烧烤和烟薰，为烧造精细瓷器打下了良好的基础。

匣钵常作圆形。丰城罗湖窑匣钵计有3式：Ⅰ式为圆筒状，平底，口沿上有三个半圆孔，近底部有两个透气孔；Ⅱ式近于罗筛状，平底，直口，腹部有6个透气孔；Ⅲ式为扁鼓状，口沿有两个半圆孔[110]。匣钵有盖，多呈圆形，这既便于成型，也减少了对火焰流的阻力。唐黄堡窑匣钵有桶形、方形、钵形等种；桶形具多，钵形较少（图5－3－2）。黄堡匣钵未见变形者，说明其耐火度是较高的；其匣钵曾经素烧[116]。

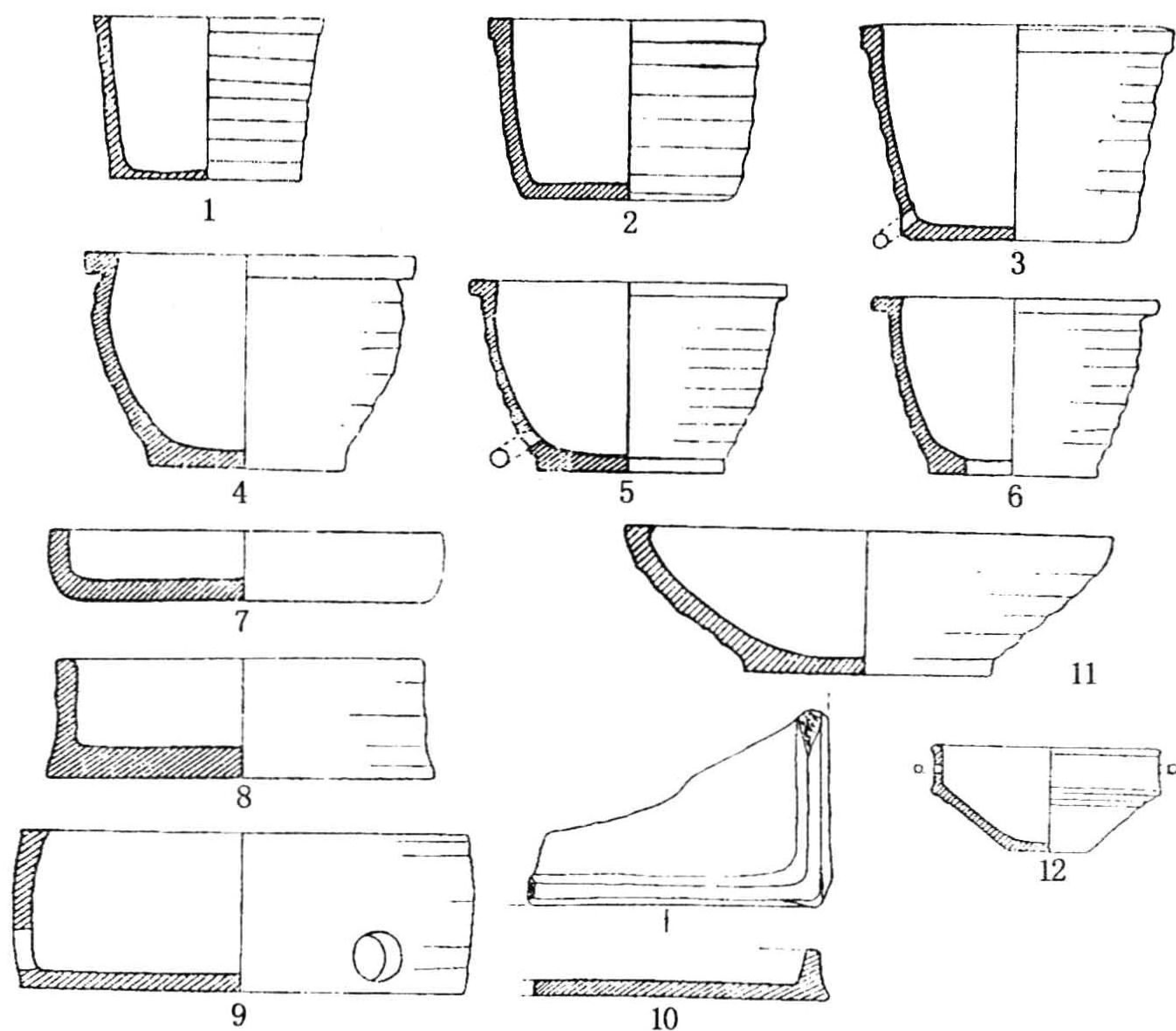


图5－3－2 黄堡窑匣钵

1、2、3、4、5、6. 桶形匣钵　7、8、9. 扁圆形匣钵
10. 方形匣钵　11、12. 钵形匣钵
采自《唐代黄堡窑址》第492页

黄堡窑的装烧法有二：一是将瓷坯放在耐火材料制成的长方形架板上，明火直接烧造；二是将坯件置于匣钵内，再入窑烧造。大约从盛唐开始，除三彩外，黄堡窑便采用了匣钵装烧；大件器物往往采用两个匣钵相扣装烧，有的大件套烧小件；匣钵叠装时，钵与钵间须用胎泥糊抹，最上一层须盖闭。坯件与匣钵间可

用垫具隔开，以防粘结。垫具有圆形、三足支垫、四足支垫等。各种垫具的胎料应与瓷器相当，以保证其具有相同的收缩率[116]。

唐黄堡窑支烧具出土有4式37件，有圆柱形、束腰空柱形等。其中一件束腰状支烧具高13.4厘米、口径11厘米、底径11.6厘米，敞口，平沿，平底，腹壁近底处有一圆孔；从粘结物的情况看，它应是倒扣在窑床上使用的，这有利于火焰依一定方向流通[116]。

使用垫具的目的主要是：一为垫平，二为防止其与匣钵粘结。唐黄堡窑所出垫具、间隔具计4式29件，有圆饼状、环状、三叉形、支钉形等；以三足垫具为多[116]。

“火照”约发明于东晋南朝时期，始见于江西，到唐便开始推广，今在唐长沙窑、宜兴窑遗物中都可看到。长沙窑出土12件火照，有平底敛口钵状、碗状、盒状三种器形，有的施釉[117]。宜兴窑的火照是从产品坯体上切割下来的泥条[118]。唐代黄堡窑未见火照，五代黄堡窑火照计出土12件，多用碗片或碗底制成，皆穿有圆孔[119]。宋代之后，火照技术进一步普及和推广开来。

一般认为，覆烧法首创于宋代定窑，今有学者认为五代景德镇窑已经发明。景德镇东郊出土过一件芒口青瓷大碗，直径23.5厘米，高11.5厘米，足外径10厘米；圈足内亦施釉；口沿芒口，并留有支钉痕迹；器之内外，包括底足，计留有37颗支钉。有学者认为，它应当是垫在支钉上覆烧的；而其釉色、碗足皆与湖田、黄泥头五代青瓷碗一样，故其当属五代器[120]。此说当有一定道理，但实物较少，可进一步研究。但作为覆烧法初始形态的仰覆对口烧，则在南朝和唐代的洪州窑上都已看到。

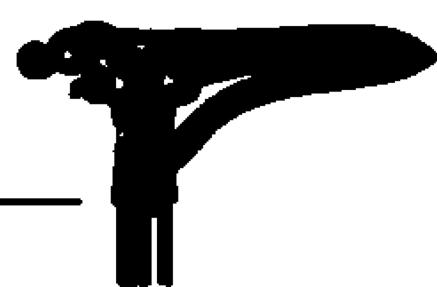
最后，还有一点需要特别指出的是，河南内乡大窑遗址的唐代瓷片中，还发现过“窑变”现象[121]，这对人们了解宋代钧窑“窑变”的来源和发展都具有重要的意义。

第四节 纺织技术的发展

唐代是我国古代纺织技术大放异彩的阶段，由于社会经济、文化的发展和丝绸之路的畅通，纺织品的产量、质量和品种都有较大的提高和扩展，技术上亦有不少进步。择茧、缫丝，沤麻、劈绩，以及纺、织，虽皆沿用汉代以来的一些工艺，但技术上更为熟练；多综多蹑提花机都进一步推广和完善，提花技术亦进一步发展；平纹占主导地位的局面渐被打破，纬显花工艺取代了经显花的主导地位；花型大幅度扩展，色彩更为丰富，缂丝等高度艺术化的品种开始流行。捣、洗相结合的丝绸漂练获得了良好的技术效果。植物性染料广泛使用起来。三缬印花染花技术得到了较大发展，创造了碱剂印花。中国丝绸及其技术由陆上、海上运送到了世界各地，受到了世界各国人民的赞许。

一、丝麻棉织品生产的一般情况

隋唐五代的纺织原料仍以丝麻为主，民间的基本衣着依然是麻，棉花在边远地区已有较多种植，其产品已较多地流入中原。



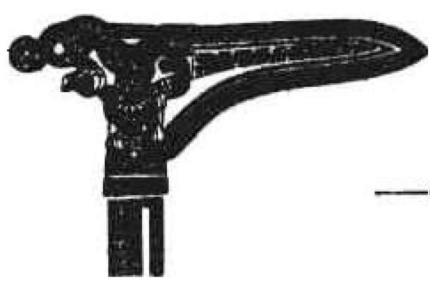
丝织品。唐代产丝地仍主要是北方，从《新唐书·地理志》所载各州贡物来看，较多的是河南道（今河南、山东），其次是河北道（今河北及河南之一部分），再次是江南道（今江苏、浙江一带）。北方尤以定州、青州最负盛名。《新唐书》卷三八载，河南道“厥赋绢、絁、绵、布，厥贡丝、布、葛”等；卷三九载，河北道定州“土贡罗、紬、细绫、瑞绫、两窠绫、独窠绫、两色绫、熟线绫”。安史之乱后，社会经济、技术重心南移，江南丝绸技术才有了较大提高。李肇《国史补》卷下载：“初，越人不工机杼，薛兼训为江东节制，乃募军中未有室者，厚给货币，密令北地娶织妇以归，岁得数百人。由是越俗大化，竞添花样，绫纱妙称江左矣。”又，《元和郡县志》卷二六载，越州在开元时贡品只有“交梭白绫”一种，“自贞元以后，凡贡之外，别进异文吴绫及花鼓歇单纱、吴绫、吴朱纱等纤丽之物，凡数十种”。白居易《新乐府·缭绫》诗：“缭绫缭绫何所似？不似罗绡与纨绮；应似天台山上明月前，四十五尺瀑布泉……织者何人衣者谁？越溪寒女汉宫姬。”说明了越地缭绫品质之优。值得注意的是，此时西北和北方地区，今陕西及山西的丝织技术已远不如南方发展，如关内地区，《新唐书》卷三七“地理志”只说其厥赋“绢、绵、布、麻”，而在所属各州贡品中，除京兆府记有隔纱、同州有绉纹外，余皆不见特别的丝织物。又如河东道，《新唐书·地理志》卷三九只说“厥赋布穗，厥贡布、席”，各州贡品中唯绛州有白縠一项。又，《旧唐书·食货志上》载，开元二十五年（737 年）三月敕：“关辅庸调，所税非少，既寡蚕桑，皆资菽粟，常贱粜贵买，损费逾深……其河南河北有不通水利，宜折租造绢，以代关中调课”。可知关中农户只有菽粟，农村纺织业已经衰落，唯河南河北能维持汉代之盛况。

我国古代桑树种类较多，有学者把它粗分为高干型和低干型两种，并认为早期以高干型为主，后期则密集的中、低干型得到了普及，从而促进了江南丝绸业的发展，其转折点便始于唐，终于南宋时期[1]。

麻织品。隋唐时期，苎麻和大麻的种植都十分广泛。苎麻主要产于南方，大麻虽在黄河、长江的中下游，以及新疆一带都有种植，但亦以南方为众。葛是我国古代使用较早的纺织原料之一，汉代黄河中下游和江南都出产过一些高质量的葛布，但唐代之后渐为苎麻、大麻取代，只在长江中下游偏僻地区仍有种植。李白《黄葛篇》诗云：“黄葛生洛溪，黄花自绵幂，采缉作絺绤，缝为绝国衣……此物虽过时，是妾手中迹。”[2]这便大体反映了唐代葛的种植情况。洛溪，古代水名，在今四川珙县一带。越地出产细葛，鲍溶《采葛行》诗说其“织成一尺无一两”，这自然与越地的技术传统有关。其他葛织物较少，且无甚名气。《唐六典》规定的绢、布类中，均未见葛织物的絺和绤。

棉织品。棉花在唐代仍只限于西北、西南和东南沿海地区。

玄应《一切经音义》卷一“大方等大集经”第十五：“劫波育，或言‘劫贝’者，讹也，正言‘迦波罗’，高昌名氎，可以为布。罽宾已南，大者成树，已此（北）形小，状如土葵，有壳，剖以出华如柳絮，可纫以为布也。”[3]此对棉花形态的描述与今日所见十分吻合。迦波罗即梵语 Karpasi[4]。可见当时的“棉花”已有“草棉”和植株稍大的灌木和小乔木棉等种，在高昌和罽宾南北都有出产，罽宾即



今之克什米尔。《新唐书·高昌传》载：高昌“有草名白叠，撷花可织为布”。此高昌棉当即一种植株矮小的“草棉”。《册府元龟》卷九七二载：五代后周太祖广顺元年（951 年）回鹘来朝，贡“白㲲布一千三百二十九段，白褐二百八十段”；广顺三年回鹘来朝，入贡“白㲲段七百七十”。可见这数量都是较大的。也说明了当地棉花生产之盛。1964 年，哈拉和卓 2 号唐墓出土一件长 18 厘米、宽 24 厘米的棉布口袋，伴出物有贞观十四年（640 年）墓志。1966 年，阿斯塔那 44 号唐墓出土一只纸鞋，拆开后发现了一些文书残片，其中有“叠布袋贰佰柒拾口”、“九月二日叠布袋”等字样。这显然是一种发放棉布口袋的记账。除吐鲁番盆地外，喀什地区也出土过一些唐代棉布织品。1959 年，巴楚县脱库孜沙来晚唐地层出土有棉布、蓝白印花棉织品，以及棉籽；织花棉织品残长 26 厘米、宽 12 厘米，质地粗厚，在蓝色地上，以本色棉线为纬，织出花纹（图 5－4－1）[5]。中国农业科学院曾对此晚唐棉籽作过分析，证明其属非洲草棉，而南方棉花属亚洲棉，此两者是不同的[5]。非洲棉原产于非洲，因其株体矮小而被称之为“草棉”或“小棉”；其经中东传到新疆，后又传到河西走廊一带；20 世纪 40 年代，河西走廊一带还见有此种棉花栽培[6][7]。直到现在，新疆、甘肃西部的棉花依然是较为矮小的①。

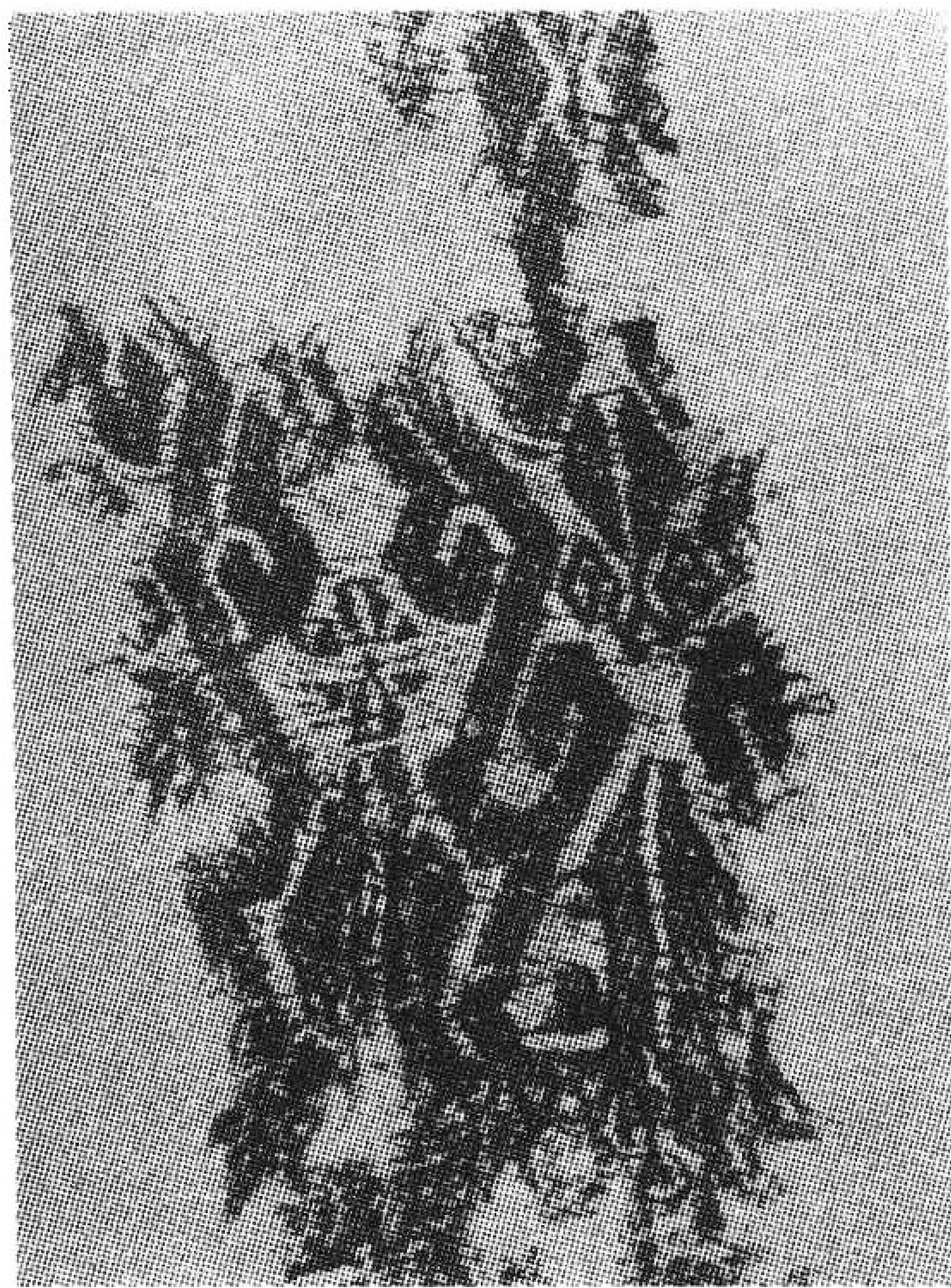


图 5－4－1　脱库孜沙来晚唐蓝白印花棉织品

采自文献[5]，图版叁，4

唐李石《续博物志》卷八载：“闽中多木绵，植之数千株，采其花，纺为布，名吉贝。《南史》言，林邑等国出古贝木，以古为吉讹也。”说明闽中唐代植棉已经较多。

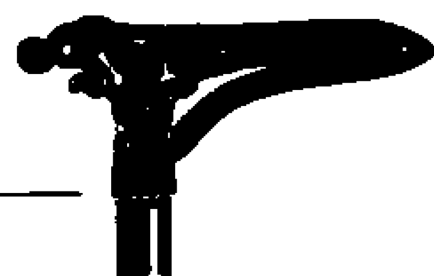
另外，随着使用量的增加，棉花的称呼也发生了变化。六朝及其之前，人们对棉花的称呼很不规范，有的可能是外来语，有的则至今不明其真实含义。经查，《玉篇》卷一二载有一个“櫋”字，注为“有子似栗”，当指棉花。我国古代原无“棉”、“櫋”二字，而只有“绵”字，其原指丝绵。由“绵”演变为“櫋”，是人们认识上的一大变化，也说明棉花的使用量已经增多。《玉篇》为梁顾野王原撰，后经唐孙强、宋陈彭年等人增删。陈彭年增删本成书于大中祥符六年（1013 年），但在大中祥符元年（1008 年）成书的《广韵》已把“櫋”字改成了“棉”字，可见此“櫋”字应非陈彭年增补，而至少应当是唐孙强增补的，也不排除梁顾野王原有的可能性。

二、织造技术之发展和纬锦的确立

隋唐时期，织机技术并无大的创新，值得一提的是立织机见于记载并得到了

---

① 2005 年 9 月，我到新疆、甘肃出差，看到当地棉花都不太高。新疆棉花高的约 80 厘米，相当部分仅为 50 厘米左右；甘肃敦煌一带的多为 50 厘米，矮的则仅有 30 厘米左右。产量却都较高。



较大的推广，各种织机的操作更为娴熟。此期织造技术上较值得注意的事项是：纬锦的确立和绫织物的发展。

（一）立织机

在织机的五大运动，即开口、引纬、打纬、送经、卷经中，开口是关键。依照开口方式之不同，织机可粗分为手提开口和脚踏开口两种，前者即原始腰机类，后者即斜织机类。织机还可依经面延伸方向之不同，区分为水平机、斜织机、立织机等，我国古代主要使用前二者，此外也使用过少量立织机，即经面与地面垂直的机子。

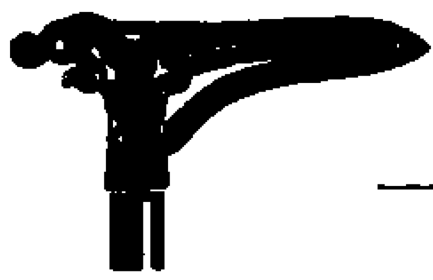
我国古代关于立织机的文字资料始见于唐代[8][9]。敦煌遗书《净土寺食物等品出入账》【P. 2033（2）】中记载了不少立机织品，如："立机一匹、斜褐一段，宗法律手工，西仓折场人。""立机一匹，唐丑儿女患会诵用。""立机一匹，净土寺西仓彭胜广进等买铜用。"该账单的年代约为中和四年（884 年）前后。据考察，1959 年，巴楚县脱库孜沙来晚唐织花棉织品便是用立织机织造的，其在蓝色地上，以本色棉线为纬，织出花纹。直至 20 世纪后期这种织机还在南疆一些地方保存着[5]。年代稍后，与五代相当的多件文书、契约都分别见有"立机"、"如立机"、"立机緤"字样。莫高窟 K98 北壁五代壁画《华严经变》还有一架立机图像[9]。大量关于立机的文字资料的出现，一定程度上说明这种机型使用已广。关于立机更为完整，且图文并茂的资料则是元人在《梓人遗制》一书中记载下来的。直到明代，立织机还用于生产简单的平纹绢等丝织品；清代之后，立织机从棉、丝织中渐被淘汰，以致失传。

西方也有立织机，但其有重锤式、双轴式多种，均靠手动提综或挑花而织，而我国立织机则是沿续汉代斜织机的传统，用脚踏踏板来提综开口的，故有学者将之称为踏板立织机[8]。这是我国古代立织机的一个重要特点，它很可能是从脚踏式斜织机演变出来的。前面谈到过一种经面与地面垂直的立式毛织机，其约发明于汉[10]，近现代仍在使用。此唐至明代的棉、丝用立织机，与由汉至今一直沿用的立式毛织机在结构和产品档次上，都是存在差别的。

（二）纬锦的确立

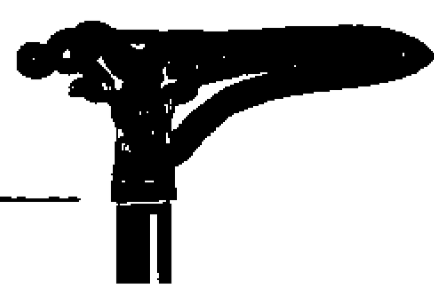
锦的组织复杂、花纹绚丽、技术上要求较高，是古代丝绸技术最高发展水平的反映。六朝以前的锦多用彩色经线显花，花型可横贯全幅，其纬线循环数一般只有几厘米，故花型不是很大，而且一架织机的一批经线一旦上好，花纹色彩便会固定下来，再也不得更改。纬显花则可在较大程度上避免这些缺点。纬显花织物发明较早，先秦出土的纬二重织物，汉代"通经回纬"的緙毛和织成，都是纬显花的。唐代中期以后，随着重型打纬机构的发展，以及人们对多色大花型的需要，斜纹纬纱显花的织法开始确立，最后并逐渐取代了平纹、经显花的主导地位。

隋及唐代初年，斜纹纬显花织物便有了增多的趋势。今见实物有：（1）1966 年，吐鲁番阿斯塔那村 48 号墓所出"贵"字孔雀纹锦，长 18.5 厘米、宽 8.7 厘米；经线每股双根，每厘米 25 股 50 根；纬线每股有红、蓝、白三色，每厘米 18 股 54 根。花纹为对孔雀，尾部上翘，外绕联珠纹一周。伴出物有高昌延昌三十六年（596 年）、义和四年（617 年）等衣物疏。（2）1967 年，上述地 92 号墓所出联珠



对鸭纹锦，长19.8厘米、宽19.4厘米，经线每股双根，每厘米为11股22根；纬线有黄、白、棕、蓝4色，但每区只有两色或三色，每厘米28股不足76根。花纹为对鸭，周绕联珠纹圈。伴出物有延寿十六年（639年）和总章元年（668年）墓志[11]~[13]。盛唐（7世纪中叶至8世纪中叶）时期，斜纹纬锦流行开来，今见实物有：（1）1967年，阿斯塔那77号墓所出联珠骑士纹锦，长13.5厘米、宽8.1厘米，经线每股3根，每厘米20股60根；纬线每股三色，蓝、绿、白，每厘米26股78根。花纹为骑士像，外绕联珠纹一圈。（2）1969年，阿斯塔那138号墓所出联珠熊头纹锦覆面。长16厘米、宽14厘米，经线单根，每厘米20根；纬线每股3色（红、白、黑），每厘米23股69根；花纹为野猪头，獠牙上翘，舌部外露，脸上有田字纹贴花三朵，外绕联珠纹一圈。（3）同墓还出土一件联珠鸾鸟纹锦，长17.8厘米、宽15.5厘米；经线每厘米21根，纬线为红、白两色为一股，每厘米21股42根；花纹为一站立的鸾鸟，外绕联珠纹一圈。（4）1968年，上述地105号墓所出晕裥彩条锦。经线以红、黄、褐、绿、白五色成行组成，经密48根/厘米；纬线每股2根，黄褐色，纬密24×2＝48根/厘米，纬线提花，彩条底上显出小团花。（5）1968年，上述地381号墓出土的花鸟纹锦，经线每股2根，经密26×2＝52根/厘米;纬线8色，每股3色，每厘米32股96根。纬线显花，花纹以五彩大团花为中心，周围绕以飞鸟、散花等。锦边为蓝地五彩花卉带；此锦有大历十三年（778年）文书同出；其图案布局紧凑、协调，色彩鲜艳，花鸟形态生动逼真，系唐锦之佳品（彩版捌，1）[11]~[14]。（6）1970年，乌鲁木齐市盐湖唐墓所出银红地宝相花纹锦，系四重五枚斜纹纬锦；经线分明经和暗经，明经单根，暗经双根；经密60根/厘米，纬密36根/厘米，银红色地上以黄、蓝、白等色纬线显出宝相花纹，雅静美观[15]。另外，日本正仓院、法隆寺、神护寺、东大寺等至今保存着的唐锦中，多数都是属于二枚、三枚斜纹的纬显花锦。纬锦的优点是：（1）织造过程中可随时改动不同颜色的纬线。经锦是靠经线起花的，经线固定在织机上后，再难改动。（2）纬锦每副的表里纬虽包括不同的颜色，因其可以逐一穿入梭口，且可用筘打纬，既不会纠缠，也不会过疏。经锦一副的表、里经不同颜色的经线过多则会出现一些不利情况，密则易纠缠，疏则表经只一根，里经地位过广，不但使织物太松，而且花纹的颜色和轮廓也受影响[16]。（3）组织表面多较致密美观，织机装造较为简便，出现断丝错花时，亦较易查清，故唐代之后的高级锦缎多用纬显花，且大有取代经显花之势。纬显花的缺点是：织造时需不断更换不同彩色的地纬和纹纬，不像经锦那样一把通梭织到底。经锦和纬锦都一直沿用至今[17]。斜纹因织物表面布满了长浮线，能充分显示丝线的光泽，故亦广为织锦工采用。从平纹经锦过渡到斜纹纬锦，是织物组织上的一次重大变化。

在此有一点需指出的是，斜纹组织和纬显花技术在我国古代皆早已出现，斜纹纬锦自然是我国织物组织自身发展、演变的结果；但它在唐代迅速产生和崛起，与波斯锦的促进作用也是密不可分的。由于原料等的差异，古代西亚的传统纺织技术是斜纹（当然也有平纹）和纬显花，但其养蚕术和提花术都是从中国学去的。为了满足“西方”市场的需要，隋和唐初，中国丝织品的图像和织法，都采用了一些波斯的风格和技艺[16]。目前在6世纪末7世纪初的墓葬中，发现了较多具有



"西方"纹样的平纹经锦，它们一方面沿袭汉锦成行排列花纹的传统，另一方面却在花纹纹样中注入了"西方"题材。在7世纪中叶的墓葬中，还出现了一些从图纹到织法都具有波斯风格的纬锦，有的可能还是吐鲁番地区生产的。大历十三年花鸟纹锦是今日所见年代最早具有中原风格的纬锦，它在图纹和织造技术上，都达到了相当高的水平[14]。

加金织物在隋唐时期亦有使用。《隋书》卷六八"何稠传"载："稠博览古图，多识旧物，波斯尝献金緜锦袍，组织殊丽；上命稠为之。稠锦既成，踰所献者。上甚悦。"可知隋代织金技术已达较高水平。又，《通俗编》卷一二载："《唐六典》有十四种金：曰销金、曰捎金、曰镀金、曰织金、曰砑金、曰披金、曰泥金、曰镂金、曰撚金、曰戗金、曰圈金、曰贴金、曰嵌金、曰裹金。"[18]显然这是唐代的14种表面饰金工艺，其中多数皆与织物装饰有关。《宋史》卷一五三"舆服五"在谈到禁止饰金装饰时，说到过销金、贴金、间金、戭金、圈金、解金、剔金、陷金、明金、泥金、楞金、背影金、盘金、织金、金线撚丝等工艺。显然这也是织物装饰工艺。这一点，后面还要谈到。

（三）缂丝技术的发展

缂丝，宋、明时又写作"剋丝"、"克丝"或"刻丝"，它是以本色丝作经，彩色丝作纬的纬丝起花艺术织物。以专门的小梭，依据花型的色彩逐次织入，织物上常因垂线的花纹轮廓留下纬丝转向时的断痕，形成"通经回纬"的结构特征。缂丝的目的是要将原绘画移植到织物上，其纬丝色泽的选择范围常达1 000多种，有时达五六千种[10]，具有极高的艺术效果，在我国一直保留至今[19,20]。

通经回纬的织法在我国约始见于汉[19]，开始只用于毛织，唐或稍前才用到了丝织上；唐时，这工艺开始盛行起来[21]。今见的唐代实物主要有：（1）1959年巴楚脱库孜沙来遗址所出6件唐代晚期缂毛残片，经密3～4根/厘米，纬密11～12根/厘米，其中六瓣花纹缂毛毯裂成了两块，经线直经约3毫米，经密4根/厘米，纬线直经约0.8毫米，纬密12根/厘米。纬线有红、蓝、黄、白四组，在蓝色地纹上显出白色六瓣花朵，以黄色填成花蕊，每朵花之间又用红色纬线相间；图案醒目生动[22]。（2）1973年阿斯塔那出土有几何绫纹缂丝带[23]，丝带宽只有1厘米，剪成的长度为9.5厘米。草绿色地，用大红、橘黄、土黄、海蓝、天青、白色、沉香等8彩结成四叶形图案。（3）1983年青海都兰出土唐代蓝地十字花芯四瓣花纹缂丝，为平接四方连续纹样，幅宽约5.5厘米，以生丝作经，两股Z捻丝并成S捻作纬[24]。此外日本正仓院也保存了一些唐代的缂丝残片。通经回纬工艺在世界一些古文化区发明较早，但织法各有特色，古埃及尼罗河流域的科布特织物常用亚麻线为经，羊毛线为纬；南美印加织物常以棉纱为经，兽毛线为纬。"通经回纬"的织法用于丝织物则源于中国。

（四）绫的繁盛

绫是在斜纹（或变形斜纹）地上起斜花的织物，约发明于汉或汉前。史游《急就篇》卷二已提到绫："青绮绫縠靡润鲜。"说明西汉晚期时，"绫"已非罕见之物。"绫"是在绮的基础上发展起来的。唐代之后，绫发展到了鼎盛的阶段，各州所贡品种亦异常繁盛。《新唐书·地理志》载，江南东道所贡丝织品中，润州只

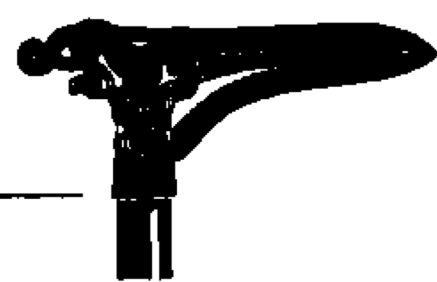
有罗1种（衫罗），绫却有5种以上，即水纹绫、方纹绫、鱼口绫、绣叶绫、花纹绫等；杭州有绫2种，即白编绫、绯绫；睦州有文绫1种；越州有罗2种（宝花罗、花纹罗）、绫3种（白编绫、交梭绫，十样花纹绫），縠、纱、绢各1种；明州有吴绫、交梭绫2种。在北方也是同样，前云定州所贡6种丝织品中，6种是绫。《唐六典》卷二二载，少府下有织染署，“凡织絍之作有十，一曰布，二曰绢，三曰絁，四曰纱，五曰绫，六曰罗，七曰锦，八曰绮，九曰䌷，十曰褐。”也说明了绫在唐代织物中的地位。此期绫的生产规模亦较大，《新唐书》卷四八“百官志”说武则天垂拱元年（685年），“绫锦坊巧儿三百六十五人，内作使绫匠八十三人，掖庭绫匠百五十人，内作巧儿四十二人”。前云定州何明远“有绫机五百张”。绫织之精细亦远胜他种缯帛。前引白居易《新乐府·缭绫》诗曾对缭绫的生产过程和式样作了生动的描述，“缭绫缭绫何所似，不似罗绡与纨绮；应似天台山上月明前，四十五尺瀑布泉。中有文章又奇绝，地铺白烟花簇雪……天上取样人间织，织为云外秋雁行，染作江南春水色……异彩奇文相隐映，转侧看花花不定”。《旧唐书·舆服志》还对各级官吏著绫的花纹和颜色作了明确规定。武德四年八月勅，“三品已上，大科䌷绫及罗，其色紫，饰用玉；五品已上，小科䌷绫及罗，其色朱，饰用金；六品已上服丝布，杂小绫，交梭双紃，其色黄”。五年八月敕，“七品已上，服龟甲双巨十花绫，其色绿，九品已上，服丝布及杂小绫，其色青”。绫锦也作为一种商品、礼品，大量地流向西亚、欧洲、南亚、日本和朝鲜。绫在唐代盛极一时，并出现了四枚异向绫，以三枚斜纹为地的同向绫等组织[1]。绮和绫也都逐渐采用了纬显花。日本正仓院至今仍收藏有葡萄唐草文绯绫，地经为三上一下右斜四枚纹，花纹是纬向三上一下左斜四枚纹，为左右异向斜纹组织，纬花组织成葡萄花纹；经向四枚右斜纹的组织使用四片综框，分别操纵不同的经线[25]。在福州[26]和金坛[27]的宋墓中都分别发现过纬显花的绫、绮织品。

还值得一提的是：新疆盐湖唐墓出土的3块烟色牡丹花纹绫，其以二上一下斜纹组织为地，六枚变则缎纹起花；三原组织的缎纹组织在唐代已初露端倪[28]。

三、丝绸漂练技术之发展

随着纺织业的发展，漂练作业也越来越受到人们的重视。《唐六典》卷二二“织染署”载:“练染之作有六：一曰青，二曰绛，三曰黄，四曰白，五曰皂，六曰紫。”其中青作、红作、黄作、黑作、紫作，自然是染色，而“白”作则可能指漂练工艺，说明了唐代官府对漂练之重视。

唐代丝绸漂练技术较值得注意的主要是三个方面：（1）对洗练、漂练用水有了进一步认识。李肇《国史补》卷下载:“凡造物由水土，故江东宜纱绫宜纸者，镜水之故也。蜀人织锦初成，必濯于江水，然后文綵焕发；郑人以荥水酿酒，近邑与远郊差数倍；齐人以阿井水煎胶，其井比旁井重数倍。”（2）继续沿用草木灰水浸渍技术。灰水中含有较多的钠、钾化合物，可促进丝胶的溶胀、水解。《本草纲目》卷七“土部·冬灰·集解”引唐苏恭云:“冬灰本是藜灰，余草不真，又有青蒿灰、柃（一作苓）灰，乃烧木叶作，并入染家用。”《重修政和经史证类备用本草》卷五“冬灰”条引《唐本草》亦有类似的说法。（3）继续沿用砧杵捣练。这既有书画资料，亦有文字资料为证。唐画家张萱曾作有《捣练图》，其中便生动地



描述了唐代妇女制作丝绢的场面。全图分为三节，计有大小人物 12 个，分别描绘了砧上打丝绢、检查修缝、熨烫的情景。今流传于世的作品传为宋徽宗赵佶所摹，已被外强掠去，藏于波士顿博物馆。又，唐人魏璀曾作《捣练赋》，描写人们在月夜寒露中，将浸渍过的丝帛进行捣练的情景，“细腰杵兮木一枝，女郎砧兮石五彩；闻后响而已续，听前声而犹在……于是拽鲁缟，攘皓腕；始于摇扬，终于凌乱。四振五振，掠飞雁之两行；六举七举，遏彩云而一断”[29]。砧杵法最宜于练丝。生丝经过碱液浸渍和木杵槌打后，既容易脱去丝胶，丝束又不易紊乱，成丝且能显现出明亮的光泽，远胜过单独的水练，故一直沿用至今。

四、印染技术之发展

唐代印染技术是比较发达的。唐时已普遍地采用了植物性染料。《唐六典》卷二二“织染署”载：“凡染，大抵以草木而成；有以花叶，有以茎实，有以根皮。出有方土，采以时月。”唐代印花织物繁多，工艺上亦有不少创新。

（一）染料技术之发展

唐代植物性染料的色谱已较齐全。据不完全统计，在吐鲁番出土的唐代丝织物中，不同色阶者，红有银红、水红、猩红、绛红、绛紫等五色；黄有鹅黄、菊黄、杏黄、金黄、土黄、茶褐等六色；青和蓝有蛋青、天青、翠蓝、宝蓝、赤青（紫色有蓝光，古称“绀”色）、藏青等六色；绿有葫（湖）绿、豆绿、叶绿、果绿、墨绿等五色；连同黑、白在内，计有 24 色之多[30]。唐代红色染料主要是红花、苏木，以及茜草。红花种植已十分的普遍，此时红花素提取技术还传到了日本。从科学分析的情况看，阿斯塔那唐代丝织物至少使用过如下几种染料：（1）茜草，所见染色织物有 108 号墓所出唐猩红色绮，104 号墓所出绛紫绮等；（2）靛蓝，所见染色织物有 88 号墓所出藏青绢，100 号墓所出天青绢等；（3）黄栀，所见染色织物有 108 号墓所出黄地花树对鸟纹纱等；（4）槐花与靛蓝套染，所见染色织物有 105 号墓所出绿地狩猎纹纱等[31]。

我国古代媒染剂名目甚繁，但归结起来主要是铁剂和铝剂两大类[32]，唐代依然如此。铁媒染剂的来源，主要是皂矾和铁浆。皂矾的化学式是硫酸亚铁 $FeSO_4$，在染料中主要起作用的是二价铁离子 Fe^{2+}。对于铁浆的制法，唐陈藏器《本草拾遗》曾作过简要说明：“取诸铁于器中以水浸之，经久色青沫出，即堪染皂者”[33]。铝媒染剂的主要来源是明矾，如吐鲁番所出唐代丝绸中，便有可能是明矾媒染的，其色猩红[30]。

（二）印花染花技术之发展

此期的颜料印花，以及各种防染着花、缬染技术都有了较大发展，并创造了碱剂印花技术。

1. 印花技术的发展

唐代的凸纹型版和镂空型版技术都有了进步，后者表现得最为明显。王谠《唐语林》卷四“贤媛”篇载，唐玄宗时，柳婕妤妹“性巧慧，因使工镂板为杂花象之，而为夹结（缬）……因敕宫中依样制之。当时甚秘，后渐出，遍于天下，乃为至贱”。这种镂空型板能广为流传，说明了制版术的进步。在吐鲁番出土的唐代印花丝织物中，有一些不闭合的小圆圈花样，其内外圈有一线相连[30]，这类图

案的型版决非一般镂刻所能达到，很可能是在镂空处保持了连接点，并以生丝及粘附材料等加固所致，也可能是制成了分版套印的。依此，这种型版的材质则不能排除纸的可能性。此纸自然须经特别加工。镂空型版的创造，为后世纸型印花和绢网印花打下了一定的基础[34]。

隋唐时期，传统的颜料印花已向创新型版的多色套印和色地印花方面发展，使印花工艺达到了一个新的高度。1972 年阿斯塔那出土的唐“天青色敷金彩轻容”织物[31]和“茶褐地绿白印花绢”等[30]，都是很有代表性的颜料印花制品。据研究，前者使用了染色、印花、画绘三结合的工艺，先用靛蓝染色，再用型版印花定位，之后分别彩绘及敷金。花纹匀称，色彩素雅细腻。后者可能使用了两种色彩，印出间断空心圆圈的大簇花纹，并利用接版技巧，横饰全幅，使之成为精美多彩的服饰品[34]。

唐代印花工艺中还有一种印金或贴金操作，新疆吐鲁番阿斯塔那曾出土过“天青色敷金彩轻容”织物[31]。其操作要点是把金箔或金屑粘附于织物表面[35]。《唐六典》所说“十四种金”中有一种为“贴金”，其工艺内容较广，其中大约便包含了衣物装饰的贴金。

2. 缬染技术的发展

夹缬。南北朝时已较成熟，隋唐时期又有了较大的发展，文字资料和实物都更加多了起来。“夹缬”一词大约也是这一时期出现的，且频繁地出现于许多文献中。五代马缟《中华古今注》卷中“裙衬裙”载:“隋大业中，炀帝制五色夹缬花罗裙，以赐宫人及百僚母、妻。”[36]前云柳婕好妹使工镂版“而为夹缬”。白居易《玩半开花赠皇甫郎中》有“成都新夹缬，梁汉碎胭脂”之说[37]。阿斯塔那 193 号墓所出《天宝年间行馆承点器物帐》中有“内二夹缬”（被）等字样[38]。吐鲁番所出唐代夹缬着花织物有如下数例：（1）187 号墓出土的大红地着花绢，计 3 片。其中一片长 15 厘米、宽 53 厘米，经纬密 60 根/厘米×40 根/厘米，质薄，手感较为柔和，大红地，其上显出纤巧细丽的六瓣白色小团花，有明显的花版痕迹。(2) 第 214 号墓出土的烟色地着花缣裙，长 100 厘米、宽 41 厘米，经纬密 70 根/厘米×30 根/厘米，质地致密，手感柔软，为熟缣；焰色地，显黄色花纹，图案为变形瓜类叶、藤，作蔓盘绕。织物表面有清晰完整的花版印痕。（3）第 191 号墓出土的狩猎纹着花绢，经纬密为 36 根/厘米×29 根/厘米，焰色地，显白花。（4）第 191 号墓出土的棕色地着花缣裙。长 15～40 厘米，经纬密为 66 根/厘米×30 根/厘米。棕色，显黄花，主纹为变形卷草组成的团科花，花心填一立鸟。这几件标本皆属盛唐时期，工艺上的基本特点是：（1）皆为花版着花，花版经向明显短于纬向，花版长度多为 10～15 厘米。花版长度与单元图案的大小成正比，花纹横向都是二版。接版处在织物横幅中心。（2）全为浆印。（3）花版采用连续纹样[38]。

灰缬。又有学者谓之碱剂印花。这是人们在考察阿斯塔那唐代印花丝织物时发现的工艺，既不见于文献记载，亦不见于唐前唐后的考古实物。基本特征是：地色处的经束抱合较为紧密，手感较硬，色泽较暗；但花纹处的丝束却较松散，手感柔和，且富光泽。从蚕丝的特性看，地色处应为生丝，花纹处应为熟丝，这